COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1842.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur les produits sucrés du maïs; par* MM. SOUBEIRAN *et* BIOT.

« Dans un Mémoire dont il a été récemment rendu compte à l'Académie, M. le docteur Pallas avait annoncé que les tiges de maïs, qui ont été dépouillées de leurs fleurs femelles à l'époque de la fécondation, contiennent finalement plus de sucre que celles où ces fleurs, abandonnées à leur développement naturel, ont produit des épis garnis de grains. Quoique ce résultat semblât conforme à toutes les analogies physiologiques, la Commission, ne l'ayant pas jugé suffisamment établi, chargea son rapporteur de le soumettre à des expériences précises; et elle désira que l'on mît à profit cette occasion pour apprécier exactement, s'il était possible, la nature, ainsi que la quantité absolue du sucre que les tiges de maïs contiennent dans ces deux états. Ce désir ayant été communiqué à M. de Mirbel, au milieu du printemps dernier, notre confrère voulut bien nous donner les moyens de le remplir, en faisant semer au Jardin du Roi quelques planches de maïs de variétés diverses, qu'il confia aux soins intelligents de M. Neumann, jardinier en chef des serres, pour être traitées com-

paratívement, comme l'avait indiqué M. Pallas, et être mises ensuite à notre disposition. En effet, lorsque les organes des deux sexes se furent développés, on enleva les fleurs femelles sur la moitié à peu près des tiges, et on les laissa subsister sur les autres, entremêlées parmi les précédentes; de manière à rendre toutes les circonstances étrangères à la castration aussi exactement comparables que possible, dans les deux cas. Ayant visité les planches peu de temps après, je recommandai l'extraction successive de tous les épis adventifs qui pourraient se développer subsidiairement dans les tiges châtrées, et je m'assurai depuis qu'on l'avait effectuée avec beaucoup de soin. Enfin, le 10 août dernier, ayant visité de nouveau les planches avec M. Neumann, nous reconnûmes qu'il était temps de procéder aux expériences comparatives. Les tiges châtrées, généralement moins vigoureuses que les autres, paraissaient avoir atteint le maximum de leur accroissement. Les feuilles inférieures commençaient à jaunir, ce qui, d'après les expériences antérieurement faites sur le blé et le seigle, annonce que les tiges ont déjà tiré de ces feuilles une alimentation à laquelle les racines ne suffisent plus. De grosses excroissances pleines de filaments noirs, semblables, pour l'aspect, au charbon du blé, s'étaient développées sur un assez grand nombre des plaies qu'on avait faites en enlevant les fleurs à épis; et il fut décidé qu'une première expérience comparative serait faite trois jours plus tard, c'est-à-dire le 13 août.

» Mais, pour y procéder avec quelque espérance de succès, il fallait avoir des appareils d'extraction dont j'étais dépourvu; et leur emploi, ainsi que le traitement judicieux de sucs si faciles à s'altérer, exigeaient des connaissances pratiques qui me manquent absolument. Il n'était pas moins nécessaire aussi que les opérations fussent conduites avec une intelligence des procédés chimiques qui en éclairât les détails. J'ai heureusement trouvé tous ces secours dans le Directeur de la Pharmacie centrale, M. Soubeiran, dont le talent et le savoir sont bien connus de l'Académie. Sa collaboration bienveillante convenait d'autant mieux à mon but, que ce chimiste a déjà fait un excellent usage des procédés optiques pour ses intéressantes recherches sur les sucres et sur les huiles essentielles. De sorte que nous pouvions parfaitement nous entendre sur ce qu'il faut demander à ces procédés, et sur la confiance que l'on peut accorder à leurs indications, quand on se borne à en tirer tout ce qu'elles contiennent, mais rien au delà. J'ai ainsi beaucoup à me féliciter de ce qu'il a bien voulu s'associer efficacement à moi pour ce travail, dans lequel, désormais, je n'aurai plus rien à dire qu'en notre nom commun.

» Nous avons fait beaucoup plus d'expériences que nous n'aurons besoin d'en décrire; et nous ne les présenterons pas non plus dans l'ordre de succession suivant lequel elles ont été faites, mais dans l'arrangement logique le plus propre à prouver les résultats que nous avons voulu établir. Ces résultats comprennent la solution des trois questions suivantes :

» 1°. Les tiges de maïs châtré contiennent-elles plus, autant, ou moins de sucre que celles qui ont conservé leurs épis, ayant déjà leurs grains formés et pleins à l'époque ou nous les comparons?

» 2°. Quelle est la nature de ce sucre? est-il homogène ou mélangé?

» 3°. En quelle proportion existe-t-il dans le suc immédiatement extrait des tiges?

» La première question n'exigeait qu'une expérience comparative; c'est par elle qu'on a commencé.

» Le 13 août, de grand matin, un de nous est allé, avec M. Neumann, couper, dans une même planche, un nombre à peu près égal de tiges de maïs châtrées et non châtrées, toutes parfaitement saines. Ce maïs était de la variété qu'on appelle *cendrée*. La planche où il avait végété avait été fumée avec un engrais artificiel, composé principalement de sang desséché.

» On porta le tout immédiatement à la Pharmacie centrale, et l'on commença aussitôt les opérations. Les tiges châtrées furent d'abord dépouillées de leurs feuilles latérales, dont on enleva aussi les gaînes enveloppantes, de manière à isoler le tuyau central. Ces tuyaux furent alors passés dans un appareil à cylindre garni de lames coupantes, puis dans un moulin à noix, qui les convertit en pulpe dont on prit le poids. On soumit ensuite cette pulpe à l'action d'une presse hydraulique très-puissante; et, pesant le marc, on connut le poids du suc qui en était sorti. Les tiges non châtrées, soigneusement séparées de leurs épis, furent traitées aussitôt après de la même manière. Voici les résultats qu'on obtint :

	TIGES châtrées.	TIGES non châtrées.
Poids de la pulpe employée, en kilogrammes.......	3k700	3k555
Poids du marc pressé	1,447	1,298
Poids du suc extrait conclu.....................	2,253	2,257
Proportion pondérale du suc dans la pulpe.........	0,60893	0,63577

» Les tiges non châtrées se montrèrent ainsi un peu plus abondantes en suc que les autres. Aussi paraissaient-elles moins sèches et plus vigoureuses. Toutefois la différence doit être réellement un peu moindre que ne l'indiquent ces nombres; parce que, la pulpe des tiges châtrées ayant passé la première au moulin et à la presse, une petite portion de leur suc a dû rester sur les surfaces des appareils, déperdition qui n'a pas eu lieu pour celles qui leur ont succédé.

» Ces sucs étaient légèrement acides au papier de tournesol. Comme ils s'altèrent rapidement au contact de l'air, et que cet effet était surtout à craindre par la haute température qui régnait alors, on les a traités, aussitôt après leur extraction, comme on traite le jus de la canne dans les sucreries. On les a saturés à froid avec un peu de chaux, puis chauffés doucement jusqu'à l'ébullition dans des bassines d'argent. Ce que l'on appelle l'albumine végétale s'est coagulé ou précipité. On l'a séparée complétement par le filtrage à travers des papiers, ce qui s'est fait avec facilité; et l'on a obtenu des liquides limpides, colorés en brun jaunâtre, que l'on a soumis aussitôt aux épreuves optiques. Mais, comme cette teinte est, de toutes, la plus défavorable pour ce genre d'expériences, on a rendu la comparaison des deux sucs plus facile, et non moins exacte, par l'opération suivante. On a imbibé avec chacun d'eux des petites quantités à peu près égales de charbon animal bien purifié, que l'on a ensuite employées comme filtres, dans des tubes de verre à bec effilé, à peu près égaux; puis on a fait passer à travers ces filtres des quantités sensiblement égales de chaque espèce de suc. On a obtenu ainsi des liquides complétement incolores, qui n'avaient reçu aucune addition de matière étrangère, et qu'on a pu observer dans des tubes plus longs, ou dans le même tube avec plus d'exactitude, en restant à peu près aussi exactement comparables que les sucs primitifs. C'est ce que confirme la très-petite diminution des densités, qui ont été exactement mesurées, pour chacun des deux sucs, dans ces deux états. Les résultats de ces observations se trouvent rassemblés dans les tableaux suivants, où les valeurs des déviations résultent d'une moyenne entre plusieurs déterminations indépendantes les unes des autres.

Sucs clarifiés non décolorés. — TABLEAU A, 13 août 1842.

NATURE du suc observé.	Sa densité comparativement à l'eau distillée. δ	LONGUEUR du tube d'observation, exprimée en millimètres. l	COULEUR du liquide vu à travers le tube.	AZIMUT d'évanouissement de l'image extraordinaire; intermédiaire entre ses limites de disparition et de réapparition. α	RAPPORT de la seconde déviation à la première.	REMARQUES DIVERSES.
Tiges châtrées....	1,0685	148	Jaune brunâtre.	+11°9	"	Pour ces observations, comme pour toutes celles qui suivent, on a déterminé avec soin, par des expériences préalables, l'azimut de disparition de l'image extraordinaire dans la transmission directe.
Tiges non châtrées.	1,0608	148	Jaune brunâtre.	+ 8,4	0,705	

Les mêmes sucs clarifiés et décolorés. — TABLEAU B, 13 août.

NATURE du suc observé.	Sa densité comparativement à l'eau distillée. δ	LONGUEUR du tube d'observation, exprimée en millimètres. l	COULEUR du liquide vu à travers le tube.	AZIMUT dans lequel l'image extraordinaire prend la teinte violet bleuâtre ou gris de lin, qui suit immédiatement le bleu et précède le rouge jaunâtre. α	RAPPORT de la seconde déviation à la première.	REMARQUES DIVERSES.
Tiges châtrées....	1,06721	148	Incolore.	+12°90	"	
Tiges non châtrées.	1,05566	148	Incolore.	+ 9,56	0,741	

» Si l'on voulait supposer *à priori* que la substance douée du pouvoir rotatoire est la même dans les deux sucs, ce que nous devrons ultérieurement examiner, on voit qu'elle serait plus abondante dans le suc des tiges châtrées, comme l'avait soupçonné M. Pallas. En effet, dans cette hypothèse d'identité, le rapport des proportions, à volume égal de liquide, serait le même que celui des déviations, c'est-à-dire, en moyenne, de 100 à 72, puisque les deux sucs sont observés dans des tubes d'égale longueur. Mais on voit aussi que ce rapport est tout autre que celui des densités, et ne peut nullement s'en conclure, même par approximation, à cause des matières étrangères à la substance active qui se trouvent ici mêlées avec elle dans les deux solutions comparées. Ainsi, par exemple, les densités de l'une et de l'autre sont beaucoup plus fortes que ne seraient celles de deux solutions de sucre de cannes, ayant un pouvoir de déviation égal.

» Mais cette substance active est-elle du sucre de cannes pur ou mélangé? C'est la seconde question que nous nous sommes proposé de résoudre. Pour cela, nous avons soumis nos deux liquides à l'épreuve de l'inversion par les acides.

» Un de nous (M. Biot) a, depuis longtemps, constaté que tous les acides introduits dans une solution de sucre de cannes intervertissent le sens de son pouvoir rotatoire, et le font passer de droite à gauche. Il a déterminé, par de nombreuses expériences, les lois suivant lesquelles ce phénomène s'accomplit, selon la nature de l'acide, sa proportion dans le mélange, le temps pendant lequel on le laisse agir, et la température à laquelle son action s'exerce. Ces recherches n'ont pas encore été publiées, mais ceci est une occasion qui en fait un devoir, et elles seront prochainement soumises à l'Académie. Pour le moment, nous allons leur emprunter les résultats dont nous avons besoin.

» Lorsqu'on introduit à froid, dans une solution aqueuse de sucre de cannes cristallisable, une dose quelconque d'acide hydrochlorique ou sulfurique, avec les ménagements nécessaires pour que leur action ne s'exerce pas brusquement sur quelques portions isolées de la solution, de manière à les charbonner, mais se propage à la fois dans toute la masse sans la colorer immédiatement, on trouve toujours que la déviation, primitivement exercée vers la droite, s'affaiblit par degrés, puis s'intervertit et arrive, plus tôt ou plus tard, à atteindre vers la gauche un certain maximum qui, pour chaque acide, est dans une proportion constante avec la déviation primitive, l'une et l'autre étant mesurées pour un même rayon lumineux, dans une longueur de trajet égale, et pour un degré égal de dilution. Avec l'acide hydrochlorique, des doses même médiocres, telles que $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{11}$ du volume, suffisent pour opérer ce maximum d'inversion en quelques heures. Un ou deux jours de plus n'y ajoutent rien. Mais un contact plus prolongé commence à colorer la solution en jaune, et dès lors la déviation intervertie devient progressivement plus faible, jusqu'à ce qu'enfin le mélange cesse d'être transparent. Dans les observations faites avec cet acide, sur les mélanges incolores, si l'on prend pour type commun la teinte extraordinaire bleue violacée qui forme la transition presque brusque du bleu foncé au rouge jaunâtre, lorsqu'on tourne graduellement le prisme analyseur autour du rayon transmis, la déviation intervertie, parvenue à son maximum, est généralement $\frac{38}{100}$, ou 0,38 de la déviation primitive, l'une et l'autre étant mesurées à un degré d'épaisseur et dilution égal, ou ramenées à cette condition par le calcul. Avec l'acide sulfu-

rique, ce rapport d'inversion, appliqué à la même teinte de passage, paraît être un peu plus fort; les expériences le donnent en moyenne égal à 0,3867. Le progrès de l'inversion pour ce second acide est plus lent que pour l'hydrochlorique, à moins qu'on n'élève artificiellement la température jusqu'à 60° ou 70°, auquel cas le maximum d'inversion se produit presque instantanément, le mélange ne cessant pas d'être incolore. Les nombres que l'on vient de rapporter pour les deux acides sont des moyennes entre les expériences faites sur des échantillons de sucre de cannes réputés très-purs, mais qui, sans doute, ne pouvaient pas l'être rigoureusement; et les petites différences que présentaient entre eux les résultats partiels pouvaient légitimement s'attribuer au défaut d'identité absolue, qu'il est impossible d'obtenir dans ces échantillons quand ils proviennent de fabrications diverses.

» Aucune matière sucrée différente du sucre de cannes n'intervertit son pouvoir rotatoire sous l'influence des acides. Même dans les circonstances que nous venons de spécifier, ce pouvoir y conserve une intensité constante. Seulement, lorsque certaines variétés de sucre de fécule sont maintenues longtemps en ébullition dans l'eau, en présence de l'acide sulfurique, leur pouvoir, toujours dirigé vers la droite, éprouve plusieurs périodes d'affaiblissement brusques, qui l'amènent enfin à un certain minimum où l'acide ne le modifie plus; mais le sens de la déviation reste toujours le même. On a, il est vrai, un exemple d'inversion dans la gomme d'acacia, dont le pouvoir, primitivement dirigé vers la gauche, passe à droite sous l'influence de l'acide sulfurique, avec un abandon progressif de matière précipitable. Mais, indépendamment de ce dernier phénomène, le sens absolu des déviations directe et intervertie distinguent suffisamment ces effets. Ainsi, en résumé, le sucre de cannes cristallisable est la seule substance connue dont le pouvoir rotatoire passe de droite à gauche sous l'influence des acides froids, et s'arrête aux rapports d'inversion assignés plus haut pour ceux que nous avons désignés, sans que les solutions où cette modification s'opère manifestent aucun changement appréciable dans leur état physique apparent.

» Nous avons, en conséquence, fait subir cette épreuve à nos sucs de maïs décolorés. Mais l'expérience ne put être effectuée que le lendemain de leur extraction; et, quoiqu'on les eût gardés dans une cave très-fraîche, comme ils s'altèrent avec beaucoup de rapidité, nous avons eu soin d'observer de nouveau les déviations qu'ils exerçaient, au moment où nous allions y introduire l'acide. Les résultats de ces mesures sont contenus dans

le tableau suivant, et la dernière colonne les présente réduits à une même longueur de tube, pour les rendre immédiatement comparables.

Reprise des sucs clarifiés et décolorés. — TABLEAU C, 14 août.

NATURE du suc observé.	Sa densité supposée la même que la veille. δ	LONGUEUR du tube d'observation, en millimètr. l	COULEUR du liquide vu à travers le tube.	AZIMUT de passage du violet bleuâtre, observé. α	RÉDUCTION à la longueur de 350mm par la loi de proportionnalité.	AZIMUT de déviation du violet bleuâtre dans 350mm.	RAPPORT de la seconde déviation à la première, pour une même longueur de tube.
Tiges châtrées.....	1,06721	350,6	Incolore.	+29°	−0°,05	+28°,95	
Tiges non châtrées.	1,05566	347,6	Incolore.	+22	+0,15	+22,15	0,76

» Le rapport des déviations à longueur égale est presque le même que la veille : mais leurs valeurs absolues ont toutes deux éprouvé un très-petit affaiblissement. Car, si on les réduit l'une et l'autre à la longueur commune de 148 millimètres, où on les avait alors observées, on trouve par la première 12°,24 au lieu de 12°,90; et par la seconde, 9°,37 au lieu de 9°,56 que présente le tableau du 13. Cela tient à ce que ces deux liqueurs, quoique gardées au frais depuis la veille, avaient sans doute déjà subi un très-faible commencement de fermentation, qui, sans les avoir sensiblement troublées, avait dû cependant intervertir une petite portion du sucre de cannes cristallisable qu'elles contenaient; et, par suite, la déviation résultante se trouvait affaiblie d'une quantité presque exactement égale à $\frac{1}{10}$ de ce que produisait primitivement la portion modifiée. Nous ne faisons toutefois cette remarque que pour montrer la sensibilité du procédé indicateur; car nous ne croyons pas nécessaire, pour notre but, de tenir compte d'un effet si faible. En conséquence nous réunirons les mesures des deux jours, comme suffisamment comparables. Faisant donc la somme des déviations et celle des longueurs des tubes, cette dernière sera 148 + 350 ou 498; de sorte qu'en ajoutant de part et d'autre $\frac{2}{498}$ ou $\frac{1}{249}$, nous aurons les déviations moyennes réduites à la longueur commune de 500 millimètres. Comme ces résultats nous serviront plus tard d'éléments de calcul, nous les placerons ici en tableau.

Résultats moyens des observations faites les 13 et 14 août sur les sucs clarifiés et décolorés. — TABLEAU D.

NATURE des sucs.	Leur densité comparativement à l'eau distillée. δ	LONGUEUR du tube en millimètres. l	COULEUR du liquide vu à travers le tube.	AZIMUT de passage du violet bleuâtre.	RAPPORT de la seconde déviation à la première.
Tiges châtrées.....	1,06721	500	Incolore.	+ 42°02	"
Tiges non châtrées.	1,05566	500	Incolore.	+ 31,84	0,757

» Lorsque nous emploierons ces déviations moyennes pour calculer les quantités absolues de sucre cristallisable qui y correspondent, il faudra nous rappeler qu'elles doivent être un tant soit peu moindres que celles des sucs primitifs au moment même de leur extraction; d'où il suit que les quantités ainsi conclues seront plutôt un peu au-dessous qu'au-dessus de la réalité; or c'est là un sens d'erreur que la prudence conseille de choisir.

» Prenant donc nos deux liqueurs dans ce nouvel état, d'ailleurs si peu différent du premier, on a mêlé chacune d'elles avec des quantités d'acide hydrochlorique fumant, telles que chaque volume primitif égal à $40^{cc.}$ est devenu exactement $45^{cc.}$, après la mixtion immédiate. Ainsi, par la seule conséquence de cette dilution, les déviations primitives ont dû s'affaiblir dans le rapport de $\frac{40}{45}$ ou devenir moindres de $\frac{1}{9}$, indépendamment de toute action de l'acide. La marche progressive de l'inversion a été observée avec soin, surtout pour le suc des tiges châtrées, où elle a pu être suivie le même jour dans toutes ses phases. Son maximum, observé après quatre ou cinq heures de contact, dans un tube de verre ayant 146 millimètres de longueur, a été fixé à — 4°,25 par une moyenne entre plusieurs mesures indépendantes les unes des autres. Cette même phase pour le suc des tiges non châtrées a été évaluée à — 2°,40 dans un tube de 150^{mm},9. On n'a pu l'observer que le lendemain 15, à 10 heures du matin; mais, avec la dose d'acide employée, le contact pourrait être prolongé un ou deux jours de plus sans affaiblissement sensible. En prenant ces données *pour exemple numérique*, le rapport d'inversion s'établirait pour les deux sucs comme on le voit dans le tableau suivant.

TABLEAU E.

	TIGES châtrées.	TIGES non châtrées.
Déviation primitive observée à l'œil nu dans 350mm, Tableau C..........	+ 28°95	+ 21°15
Déviation correspondante par proportionnalité dans un tube de 150mm....	+ 12,407	+ 9,493
A retrancher pour la dilution opérée par l'acide $\frac{1}{9}$........................	— 1,379	— 1,055
Déviation primitive pour 150mm dans l'état de dilution de la solution acide.	+ 11,028	+ 8,438
Déviation intervertie observée et réduite à 150mm, par proportionnalité....	— 4,366	— 2,388
Rapport d'inversion conclu..	— 0,396	— 0,283

» Si l'on pouvait se fier à ces nombres, il en faudrait conclure que, dans les tiges châtrées, la substance active était du sucre de cannes presque pur mêlé avec une très-petite quantité de matière non intervertible, exerçant la rotation à gauche; tandis que, dans les tiges non châtrées, ce même sucre se trouvait mêlé à une proportion plus notable de matière non invertible, exerçant la rotation vers la droite. Mais la petitesse des déviations interverties rendrait ces conclusions trop peu certaines, sinon pour le sens, qui est indubitable, du moins pour l'évaluation des quantités absolues, parce que les erreurs des mesures observées en deviennent proportionnellement plus influentes. C'est pourquoi, prenant ces premiers nombres intervertis comme de simples indications, nous avons fait de nouvelles expériences ayant spécialement pour but de fixer le rapport d'inversion, et par suite la proportion de sucre cristallisable, avec plus de rigueur que celles-ci n'en pouvaient donner; et nous les avons conservées seulement pour les mesures des déviations primitives, qui s'y trouvaient observées dans des circonstances parfaitement comparables, à deux reprises différentes, dont le tableau D présente les résultats moyens.

» Mais déjà ces premiers sucs ne pouvaient nous servir pour cette nouvelle recherche, parce que, malgré toutes les précautions de conservation que l'on avait prises, leur réaction sur eux-mêmes avait commencé à les altérer dans les flacons bouchés qui les contenaient. Sous cette influence, favorisée par l'extraordinaire élévation de la température ambiante, ils s'étaient troublés, et ils avaient fini par prendre l'apparence d'une sorte de gelée ou d'empois blanc. En y mêlant alors de grandes doses d'alcool, on en

a séparé, par précipitation, une matière blanche, filamenteuse, analogue pour l'aspect à un byssus; et, en filtrant le mélange à travers des papiers, on a obtenu un liquide limpide, incolore, qui, rapproché ensuite au bain-marie à peu près jusqu'à la densité primitive, s'est conservé sans aucune altération apparente pendant dix ou douze jours. En le soumettant aux épreuves optiques, on a reconnu qu'il avait un pouvoir de déviation très-notable dirigé vers la gauche. Ainsi, comme on pouvait s'y attendre, ces sucs avaient éprouvé une fermentation spontanée qui avait interverti le pouvoir rotatoire primitif du sucre qu'ils contenaient, peut-être en en détruisant une partie. Car c'est encore là une des propriétés spéciales du sucre de cannes, que la fermentation intervertit son pouvoir comme les acides; tandis que toutes les autres matières sucrées ne font que se décomposer progressivement sous son influence, en conservant le sens de leur pouvoir rotatoire primitif.

» Ces résultats montraient que, pour obtenir des liquides permanents, sur lesquels on pût répéter à loisir les observations des déviations directes et interverties, il fallait débarrasser, au moins en grande partie, les sucs de leur ferment naturel, en les traitant par l'alcool aussitôt après leur défécation. Ce procédé a très-bien réussi. Ces mélanges alcooliques, séparés de la matière précipitable, ont été distillés au bain-marie autant qu'il était nécessaire pour leur enlever la plus grande partie de leur alcool, qui d'ailleurs n'avait pas d'autre inconvénient pour les observations optiques que la dilution qu'il occasionnait. On a obtenu ainsi des liquides qui se sont parfaitement conservés pendant plusieurs jours sans éprouver d'altération sensible dans leur pouvoir rotatoire; et ils ont offert encore cet avantage que la plupart d'entre eux, même presque tous, ne donnaient plus de précipité par l'acide sulfurique, comme faisaient les sucs naturels, ce qui a permis d'employer cet acide comparativement avec l'hydrochlorique pour les expériences d'inversion auquel on les soumettait.

» Nous avons dû toutefois préalablement examiner si la matière précipitée ne contenait pas en elle-même, ou n'aurait pas entraîné dans sa précipitation, quelque portion sensible de substance soluble douée de pouvoir rotatoire qui aurait contribué, pour sa part propre, dans les déviations totales exercées par les sucs naturels. Pour cela nous l'avons tenue quelque temps à l'ébullition avec une grande proportion d'eau; puis nous avons rapproché l'extrait au bain-marie, après l'avoir filtré, et nous l'avons soumis aux épreuves optiques. Nous y avons reconnu des indices certains d'un pouvoir rotatoire très-faible qui s'exerçait vers la droite, et que l'acide

hydrochlorique n'intervertissait pas. Ces caractères indiquaient donc une excessivement petite quantité de sucre analogue à celui de fécule que le précipité aurait entraîné avec lui en se formant. Mais les effets observés, quoique certains, étaient si faibles, que nous avons cru pouvoir très-légitimement en faire abstraction, comparativement aux différences que les sucs eux-mêmes nous ont présentées, dans les diverses agglomérations de tiges que nous avons successivement essayées. Une seule fois il est arrivé que l'extrait ainsi retiré de la matière précipitable bleuissait par l'iode; mais il nous a semblé que cette particularité accidentelle pouvait très-bien provenir de quelque embryon d'épis presque imperceptible qu'on aurait laissé par mégarde dans les nœuds des tiges en les dépouillant de leurs feuilles. Toutefois, suivant Avequin, le jus de la canne à sucre, traité de même, par l'alcool, donne aussi un précipité blanc, colorable en bleu par l'iode; nous ignorons quel rapport il peut y avoir entre ces deux résultats (1).

» C'est donc à ces liquides ainsi purifiés que nous avons appliqué les acides, soit l'hydrochlorique, soit le sulfurique, pour intervertir leur pouvoir rotatoire, et en conclure, comme nous l'expliquerons tout à l'heure, la proportion de sucre cristallisable qu'ils contenaient, afin de la transporter ensuite aux sucs primitifs. Les expériences d'inversion se calculent comme il a été expliqué dans le tableau E. Les déviations primitives α, observées dans un tube de la longueur l, se réduisent d'abord, par proportionnalité, à la longueur l', dans laquelle le mélange acide a été observé. La déviation α', ainsi calculée, est ensuite affaiblie suivant le rapport de dilution que la liqueur primitive a éprouvé quand on l'a mêlée avec l'acide; et la nouvelle déviation α'' qui en résulte est conséquemment celle que la liqueur primitive produirait dans le tube l', avec ce même degré de dilution, par exemple, si on l'avait étendue dans ce même rapport avec de l'eau pure. On observe alors la déviation intervertie α'''; et le quotient $\frac{\alpha'''}{\alpha''}$ est le rapport d'inversion qui, étant comparé à sa valeur pour le même acide, dans les solutions de sucre de cannes entièrement cristallisable, donne la propor-

(1) Le Mémoire d'Avequin où cette observation se trouve consignée, a été publié dans le *Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie*, IIe série, tome II, pages 26 et 132. Nous indiquons les pages, parce que le sujet de ce travail n'est pas du tout mentionné dans la table des matières, et l'est incomplétement à la table des noms d'auteurs.

tion de la rotation primitive due à ce sucre dans la liqueur soumise à l'observation.

» La détermination comparative des déviations directe et intervertie n'offre aucune difficulté quand les liqueurs observées sont incolores. Elles se fixent par l'azimut dans lequel se forme l'image extraordinaire dont la teinte violet bleuâtre marque le passage presque brusque du bleu sombre au rouge jaunâtre, de sorte qu'elle devient extrêmement aisée à reconnaître par cette opposition. Quand la déviation est très-faible, l'image extraordinaire devient d'une intensité insensible ou presque insensible dans cet azimut, ce qui rend sa détermination exacte tout aussi facile, en prenant une moyenne entre les azimuts où s'opèrent sa disparition et sa réapparition. Quand les liqueurs qu'on observe sont colorées, il faut déterminer les déviations avec un verre rouge, pour les rendre toutes comparables, à moins qu'on n'y supplée par d'autres artifices qui seront décrits ailleurs. Mais nous mentionnons seulement ce second procédé, n'ayant pas eu besoin d'y recourir.

» Ces explications feront aisément comprendre les tableaux F, G, ci-joints. Nous avons principalement multiplié les expériences sur les sucs des tiges châtrées, parce qu'étant beaucoup plus riches en matière active que celles qui ont porté des épis, il y avait un intérêt d'autant plus grand à savoir en quoi cette matière consiste. Toutefois la presque égalité du rapport d'inversion obtenu montre qu'elle est, sinon absolument identique, du moins très-peu différente dans les unes et dans les autres. Nous rapportons isolément les résultats des expériences successives faites à différents jours, et sur des paquets de tiges divers, qui en contenaient tous plusieurs kilogrammes. Une partie des différences que présentent les rapports d'inversion doivent être attribuées, sans aucun doute, à la dissimilitude occasionnelle des éléments employés. Car on comprend bien qu'ils peuvent, qu'ils doivent même varier, par le progrès du temps, comme aussi par la diversité des circonstances spéciales dans lesquelles chaque tige a végété.

Expériences d'inversion faites sur les sucs extraits des tiges de maïs par la pression, puis déféqués, traités par l'alcool, rapprochés au bain-marie et décolorés. — Tableaux F et G.

NATURE du liquide observé, avec l'indication de l'époque de son extraction.	Sa densité, celle de l'eau distillée étant prise pour unité. δ	LONGUEUR du tube dans lequel il a été observé primitivement, exprimée en millimèt. l	AZIMUT de déviation de la teinte extraordinaire bleu violacé ou violet bleuâtre. α	LONGUEUR du tube dans lequel le mélange acide a été observé, exprimée en millimèt. l'	DÉVIATION de la teinte bleu violacé transportée dans cette liqueur par la loi de proportionnalité. α'	NATURE de l'acide introduit dans la liqueur primitive.	PROPORT. de dilution de la liqueur primitive dans ce mélange.	DÉVIATION produite par la liqueur primitive dans le tube l' à cet état de dilution. α''	DÉVIATION intervertie observée dans cette même longueur α'''	RAPPORT d'inversion conclu. $\frac{\alpha'''}{\alpha''}$	RAPPORT d'inversion imprimé par le même acide au sucre de cannes pur, cristallisable.	REMARQUES diverses.
Suc des tiges chatrées.												
1842. Août 14.......	1,05619	522,0	+34°25 ↗	289,0	+18°96 ↗	sulfurique	$\frac{8}{9}$	+16°86 ↗	— 6°00 ↖	—0,3559	—0,3867	
19.......	1,05980	519,0	38,50	289,0	21,44	sulfurique	$\frac{8}{9}$	19,06	— 6,4	—0,3358	—0,3867	
19.......	1,05106	520,5	34,25	289,0	19,02	sulfurique	$\frac{8}{9}$	16,90	— 5,3	—0,3135	—0,3867	
24.......	1,05106	520,5	34,25	501,5	33,0	sulfurique	$\frac{8}{9}$	29,67	—10,53	—0,3551	—0,3867	
24.......	1,05106	520,5	34,25	501,5	33,0	sulfurique	$\frac{8}{9}$	29,67	—10,24	—0,3452	—0,3867	
Rapport moyen d'inversion pour le suc de maïs châtré..........										—0,3411	—0,3867	
Suc des tiges non châtrées.												
1842. Mélanges des deux sortes. Août 24.	1,07763	525,5	+59,75 ↗	289,0	+32,86 ↗	hydrochlorique	$\frac{10}{11}$	+29,87 ↗	—10,10 ↖	—0,3381	—0,3800	Très-peu de tiges châtrées mêlées aux non châtrées.
24.	1,07763	525,5	59,75	501,5	57,02	sulfurique	$\frac{119}{135}$	50,26	—15,80	—0,3143	—0,3867	
Non châtrées seules.												
Septembre 8.	1,12573	518,0	58,50	501,5	56,64	hydrochlorique	$\frac{10}{11}$	51,49	—18,00	—0,3496	—0,3800	Grains mûrs
Rapport moyen d'inversion pour le suc des tiges de maïs non châtrées............										—0,3340	—0,3822	

» Pour tirer parti de ces résultats, nous leur appliquerons le mode de calcul qu'un de nous a depuis longtemps employé pour des expériences semblables. La déviation directe α'' et l'intervertie α''' étant rapportées à la même longueur de tube, et au même état de dilution, soit $-r''$ le rapport d'inversion qui en résulte, en sorte que α''' soit égal à $-r''\alpha''$. Nommons r' la valeur que devrait offrir ce rapport dans une solution qui ne contiendrait que du sucre de cannes cristallisable, à laquelle le même acide aurait été appliqué. Ceci convenu, désignons par S la portion de la rotation totale α'', qui est due à cette espèce de sucre; et nommons D le reste de cette rotation totale qui est produite par un sucre non intervertible. D devra être employé comme additif à S, par conséquent comme positif, si ce sucre complémentaire agit dans le même sens que le cristallisable, c'est-à-dire vers la droite de l'observateur; et il sera au contraire négatif, si ce sucre agit vers la gauche. Mais on va voir que le calcul donnera à la fois son signe et sa valeur. D'après cela, α'' sera généralement la somme algébrique des deux déviations S et D; mais la déviation intervertie α''' ou $-r''\alpha''$ résultera de S, devenu $-r's$ par inversion, et de D conservant la même valeur que précédemment. On aura ainsi les deux équations suivantes :

Avant l'inversion.......... $S + D = \alpha''$,
Après l'inversion.......... $-r's + D = -r''\alpha''$;

d'où l'on tire, par l'élimination,

$$S = \left(\frac{1 + r''}{1 + r'}\right)\alpha''; \quad D = \left(\frac{r' - r''}{1 + r'}\right)\alpha'';$$

ce qui détermine séparément les deux inconnues S et D.

» En appliquant ces formules à nos expériences sur le suc des tiges châtrées, on aura pour données

$$r' = 0,3867, \quad r'' = 0,3411;$$

et il en résulte

$$S = \frac{1,3411}{1,3867}\alpha'' = \alpha'' - 0,032884.\alpha'', \quad D = +0,032884.\alpha'',$$

c'est-à-dire que, sur 100° de déviation vers la droite produite par une des solutions primitives, il y en aurait 96°,71 qui seraient dus à du sucre de

cannes cristallisable, et seulement 3°,29 qui seraient opérés par un sucre non intervertible, exerçant la déviation à droite comme le sucre de fécule ordinaire. La composition même de la formule algébrique montre la délicatesse du procédé, en ce que les petites erreurs que l'on peut commettre sur la détermination expérimentale du rapport d'inversion r'' n'entrent dans S et dans D qu'affectées du dénominateur $1 + r'$, lequel est nécessairement plus grand que 1.

» Ces résultats prouvent donc que le sucre de cannes existe presque pur dans nos sucs de maïs châtré, et qu'il n'y est associé qu'à une très petite proportion de sucre non cristallisable, analogue à celui de fécule, pour sa résultante d'action. La même conséquence s'applique évidemment au suc du maïs non châtré, puisque la valeur du rapport d'inversion y est à peu près pareille. En effet, pour celui-ci on a

$$r' = 0,3822, \qquad r'' = 0,3340.$$

Ce qui donne pour ce suc

$$S = \frac{1,3340}{1,3822} \cdot \alpha'' = \alpha'' - 0,034872\,\alpha'', \quad D = +0,034872\,\alpha''.$$

C'est-à-dire que sur 100° de rotation primitive, il y en aurait 96°,51 qui seraient dus à du sucre de cannes cristallisable, et 3°,49 à du sucre non intervertible analogue à celui de fécule, pour sa résultante d'action. Ces nombres sont presque les mêmes que nous avons obtenus pour les tiges châtrées, et ils n'en diffèrent que par des fractions trop petites pour que l'on puisse en répondre.

» Appliquons la première expression de S à la déviation totale que nous avons obtenue pour le suc immédiatement extrait des tiges châtrées. Dans le tableau D, cette déviation, calculée pour une épaisseur de 500^{mm}, est 42°,02. C'est la valeur de α'' pour cette espèce de suc. Multipliant donc la fraction 0.032834 par 42°,02, le produit sera 1°,38, en négligeant les millièmes, comme nous l'avons fait toujours. Cette quantité, retranchée de α'' ou de 42°,02, donnera S; on aura donc

$$S = +40°,64, \quad \text{et par suite} \quad D = +1°,38.$$

La valeur de S est la portion de la déviation totale qui est produite, dans une longueur de 500^{mm}, par le sucre de cannes cristallisable contenu dans le suc extrait du maïs châtré; et D est la portion de cette même déviation totale qui est produite par le sucre non intervertible, analogue à celui de fécule, qui lui est associé.

» Si l'on applique de même la seconde expression de S et de D à la déviation $+ 31°,84$ que le tableau D présente pour le suc extrait du maïs non châtré, cette déviation se décompose comme il suit :

$$S = + 30°,73, \qquad D = + 1°,11$$

La grande prédominance de S se manifeste ici comme dans le cas précédent, et à peu près dans le même rapport. Les valeurs absolues sont seules différentes, et toutes deux plus faibles que les premières, dans la proportion de 100 à 757, en tenant compte des dernières décimales ici négligées.

» Maintenant, quelle est la quantité absolue de sucre cristallisable que la déviation isolée S indique dans chacun de ces cas? On ne peut le savoir qu'en la comparant à des résultats d'expériences où cette même espèce de sucre a été observée dans des solutions qui la contenaient seule, et en proportion pondérale connue. L'un de nous (M. Biot) s'est occupé depuis longtemps d'un tel travail ; et, en y faisant concourir les relations théoriques propres à ce genre de phénomènes, il en a déduit la formule suivante, dont il publiera prochainement la démonstration.

» Nommons Δ la densité d'une solution incolore, dans laquelle le sucre de cannes cristallisable entre pour une proportion pondérale inconnue, soit seul, soit associé à d'autres substances quelconques, ayant ou n'ayant pas de pouvoir rotatoire propre. L'effet de cette solution sur un rayon blanc polarisé ayant été observé à travers un tube de la longueur L, concevons que, par l'expérience directe, si le sucre cristallisable y existe seul, ou par le procédé d'inversion, s'il est associé à d'autres substances actives non intervertibles, on soit parvenu à découvrir la déviation S que son action propre imprime à la teinte extraordinaire bleue violacée prise pour type. Alors, si l'on suppose S exprimé en degrés sexagésimaux, L en millimètres, et la densité Δ prise comparativement à l'eau distillée, à la température de 4° centésimaux, où chaque centimètre cube de ce liquide pèse 1 gramme, on aura ce qui suit :

Poids absolu en grammes du sucre cristallisable existant dans chaque centimètre cube de la solution .... $1,4\,\frac{S}{L}$,

Poids dans 1 litre .... $1400\,\frac{S}{L}$,

Proportion pondérale de ce même sucre dans chaque unité de poids de la solution .... $1,4\,\frac{S}{L\Delta}$.

» Par exemple, pour le suc immédiatement extrait des tiges châtrées du maïs, nous venons de trouver tout à l'heure

$$\Delta = 1,0672, \quad S = +40°,64, \quad L = 500;$$

la densité Δ est celle qui est mentionnée dans le tableau D. De ces données il résulte :

Poids absolu du sucre de cannes cristallisable existant dans 1 litre de ce suc. . 113gr,79;
Proportion pondérale dans l'unité de poids.................................... 0,10663;

c'est-à-dire entre 10 et 11 pour 100 du poids du suc immédiatement extrait par la pression, puis déféqué et décoloré.

» En appliquant la même formule au suc extrait du maïs non châtré, la valeur de S, et les éléments du tableau D qui lui sont relatifs, fournissent les données suivantes :

$$\Delta = 1,05566, \quad S = +30°,73, \quad L = 500,$$

et il en résulte :

Poids absolu de sucre de cannes cristallisable dans 1 litre.................. 86gr,04,
Proportion pondérale dans l'unité de poids.................................... 0,08153;

c'est-à-dire un peu plus de 8 pour 100 du poids du suc, préparé comme le précédent.

» Les tiges de maïs sur lesquelles nous avons fait nos expériences n'avaient pas, à beaucoup près, végété dans les circonstances les plus favorables à leur développement. Outre la sécheresse excessive de cet été, la castration avait évidemment nui beaucoup aux tiges qui l'avaient subie; d'autant qu'on les avait, en outre, coupées à leur sommet pour en retrancher les fleurs mâles, ce qui était inutile à notre but et accroissait la lésion qu'on leur faisait éprouver. Ces considérations peuvent donc faire très-légitimement présumer que la grande proportion de sucre cristallisable que nous y avons trouvée est beaucoup plutôt au-dessous qu'au-dessus de ce que la plante pourrait produire dans des circonstances plus favorables; et ce résultat nous paraît de nature à mériter l'attention des personnes qui s'occupent d'applications.

» Nous n'avons pas le désir de provoquer imprudemment l'industrie à tenter des voies nouvelles, mais nous ne devons pas non plus l'en détourner

par une timidité exagérée. Si le maïs pouvait être exploité avec succès, pour le sucre que ses tiges renferment, il aurait en agriculture de très-grands avantages sur la betterave. Celle-ci occupe la terre pendant toute la belle saison; et sa récolte coïncide de trop près avec les semailles d'hiver pour qu'on puisse lui faire succéder le blé avec profit, tant par l'emploi des attelages que son transport exige, que par le peu de temps qu'elle laisse pour préparer le sol à recevoir un nouvel ensemencement. Aussi sa culture en grand se fait-elle principalement aujourd'hui sur des terrains qui lui sont exclusivement réservés. Le maïs, au contraire, accomplit en quelques mois toutes les phases de sa végétation; sa récolte laisse encore après elle beaucoup de temps pour préparer le sol à recevoir les semailles d'hiver, et elle en laisserait encore plus si on l'exploitait pour la fabrication du sucre, puisqu'il faudrait alors l'enlever bien avant la maturation du grain. Il ne nous semble pas démontré que, pour ce but d'exploitation, l'enlèvement des fleurs femelles fût indispensable, ou même utile. Car, indépendamment du travail considérable que cette opération exigerait dans une grande culture, les plaies produites par la castration nous ont paru évidemment nuire au développement de la plante; et d'une autre part, la consommation du sucre opérée par l'épi est proportionnée au développement de ses grains: de sorte que si l'on coupait la tige peu après qu'ils sont formés, sans leur laisser le temps de grossir, on perdrait peut-être moins de sucre par leur alimentation qu'on n'en gagnerait par la conservation de la vigueur de la plante, et l'on s'épargnerait ainsi un travail à la fois difficile et coûteux. Mais quelques mesures de déviation, faites avant et après l'époque de la fécondation, sur les sucs des tiges châtrées et non châtrées, auraient bientôt décidé de ce point. Probablement encore, toutes les variétés de maïs ne sont pas également productives en sucre, et il conviendrait de les essayer comparativement. Enfin, et c'est là le point le plus important pour une spéculation industrielle, il faudrait examiner si les substances associées au sucre cristallisable dans le suc du maïs n'offriraient pas de trop grands obstacles à son épuration, ou si l'on pourrait vaincre ces obstacles. Car, outre la matière précipitable par l'alcool que nous avons reconnue dans le suc extrait par pression, et qui est peut-être fort complexe, outre la très-petite proportion de sucre de fécule incristallisable que nous y avons constatée, il pourrait y avoir aussi des mélanges neutres de ce même sucre avec du sucre incristallisable tournant à gauche, qui ne seraient pas perceptibles aux procédés optiques, quoiqu'ils pussent embarrasser la fabrication. Mais en associant ces procédés aux épreuves d'une chimie intel-

ligente, il nous semble que la récolte d'un hectare de terre semé en maïs serait bien plus qu'abondamment suffisante pour effectuer tous les essais que nous venons d'indiquer, et pour résoudre ainsi complétement la question industrielle, toute différente de la scientifique. Cette épreuve pourrait avoir des conséquences commerciales si importantes, que nous désirerions vivement qu'elle fût faite avec tous les soins qui la rendraient décisive, et qu'il est facile d'y apporter.»

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Méthode abrégée pour la recherche des lois suivant lesquelles la lumière se trouve réfléchie ou réfractée par la surface d'un corps transparent ou opaque; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Un Mémoire que j'ai offert à l'Académie dans les séances des 18 mars, 25 mars et 1er avril 1839, contient une méthode générale propre à fournir les conditions relatives aux limites des corps dans les problèmes de physique mathématique. Dans d'autres Mémoires, que renferment les *Comptes rendus* des séances de la même année, ainsi que dans les *Exercices d'Analyse et de Physique mathématique,* j'ai appliqué la méthode dont il s'agit à la recherche des lois suivant lesquelles un rayon lumineux se trouve réfléchi ou réfracté par la surface de séparation de deux milieux isophanes. Mais il restait à montrer comment la méthode s'applique au cas où les milieux donnés cessent d'être isophanes. D'ailleurs il était à désirer que ces diverses applications fussent présentées sous une forme simple et presque élémentaire, de telle sorte que l'esprit des lecteurs peu familiarisés avec le calcul intégral pût aisément saisir les principes sur lesquels repose la théorie mathématique de la réflexion et de la réfraction. Tel est le double but que je me suis proposé dans un nouveau travail dont je vais donner le résumé en peu de mots.

» Dans le système des ondulations, les phénomènes lumineux résultent, comme l'on sait, de mouvements vibratoires propagés à travers un fluide lumineux ou éther dont les molécules agissent les unes sur les autres à de très-petites distances. En effet, les phénomènes s'expliquent très-bien lorsqu'on admet ces mouvements vibratoires, et qu'on les suppose semblables aux mouvements infiniment petits des systèmes de molécules sollicitées par des forces d'attraction ou de répulsion mutuelle.

» Cela posé, considérons en particulier un seul système de molécules qui agissent les unes sur les autres à de très-petites distances, et concevons que la position de chaque molécule soit rapportée à trois axes rectangu-

laires des x, y, z. Les trois équations d'un mouvement quelconque du système seront trois équations aux dérivées partielles, ou même trois équations aux différences mêlées, qui devront servir à déterminer, au bout d'un temps quelconque t, les trois déplacements d'une molécule, mesurés parallèlement aux axes, en fonction des quatre variables indépendantes, savoir, des coordonnées et du temps. D'ailleurs, en considérant les trois déplacements dont il s'agit, ainsi que leurs différences finies, et leurs différentielles ou dérivées, comme des quantités infiniment petites du premier ordre, et négligeant les infiniment petits du second ordre, on devra, dans les trois équations du mouvement, conserver seulement les premières puissances de ces déplacements et de ces différences finies ou dérivées. On verra ainsi les trois équations du mouvement se réduire à trois équations linéaires, qui seront d'autant plus exactes que les déplacements seront plus petits, et qui représenteront ce que nous appelons *les mouvements infiniment petits* du système donné.

» Puisque les équations des mouvements infiniment petits d'un système de molécules ou points matériels sont linéaires, lorsqu'on connaîtra plusieurs intégrales particulières de ces équations, il suffira de les combiner entre elles par voie d'addition pour en obtenir d'autres. Donc, étant donnés plusieurs mouvements infiniment petits que peut prendre le système, un nouveau mouvement, dans lequel chaque déplacement moléculaire aurait pour valeur la somme de ses valeurs relatives aux mouvements donnés, sera encore un des mouvements infiniment petits que le système est susceptible d'acquérir. On dit alors que le nouveau mouvement résulte de la *superposition* de tous les autres.

» Ce n'est pas tout. Puisque les trois équations des mouvements infiniment petits d'un système de points matériels sont linéaires, les valeurs qu'elles fournissent pour les déplacements d'une molécule sont les parties réelles de variables imaginaires qui vérifient trois autres équations de même forme. Ces variables imaginaires, et les équations qu'elles vérifient sont ce que nous appelons les *déplacements symboliques* d'une molécule, et les *équations symboliques* des mouvements infiniment petits. Si d'ailleurs les trois équations réelles de ces mouvements sont indépendantes de l'origine des coordonnées, en sorte qu'elles ne se trouvent pas altérées quand on transporte l'origine d'un point à un autre, la manière la plus simple de vérifier les équations symboliques sera d'égaler chaque déplacement symbolique au produit d'un paramètre constant, réel ou imaginaire, par une exponentielle népérienne, dont l'exposant, réel ou

imaginaire, se réduise à une fonction linéaire des coordonnées et du temps, et s'évanouisse avec les variables. Le mouvement infiniment petit que l'on obtient dans cette hypothèse est ce que nous appellerons un *mouvement simple*. L'exponentielle népérienne, à laquelle chaque déplacement symbolique restera proportionnel dans un mouvement simple, sera nommée le *symbole caractéristique* de ce mouvement. Ce symbole restera toujours le même, quel que soit celui des axes coordonnés auquel se rapporte le déplacement effectif, et dans le cas même où le déplacement effectif serait mesuré parallèlement à un axe quelconque, arbitrairement choisi. Mais la position de cet axe influera sur la valeur réelle ou imaginaire du paramètre par laquelle on devra multiplier le symbole caractéristique pour obtenir le déplacement symbolique dont le déplacement effectif est la partie réelle; et, par suite, les déplacements symboliques correspondants aux trois axes coordonnés renfermeront en général trois paramètres différents. Ces trois paramètres, et les quatre coefficients réels ou imaginaires par lesquels les variables indépendantes seront multipliées dans l'exposant du symbole caractéristique, vérifieront trois équations finies qui se déduiront sans peine des équations des mouvements infiniment petits; et si l'on élimine les trois paramètres entre ces trois équations finies, on obtiendra précisément l'équation résultante à laquelle nous avons donné le nom d'*équation caractéristique*.

» La nature d'un mouvement simple, tel qu'il vient d'être défini, dépend surtout du symbole caractéristique représenté, comme nous l'avons dit, par une exponentielle trigonométrique dont l'exposant est une fonction linéaire des quatre variables indépendantes. Ce mouvement simple sera durable ou persistant, et se propagera sans s'affaiblir, si l'exposant du symbole caractéristique n'offre pas de partie réelle, et alors, chaque déplacement effectif d'une molécule sera le produit d'une constante réelle équivalente au module du paramètre, par le cosinus d'un certain angle variable appelé *phase*, cet angle étant d'ailleurs une fonction réelle et linéaire des variables indépendantes. En multipliant un semblable produit par le module du symbole, c'est-à-dire par une exponentielle dont l'exposant sera encore une fonction réelle et linéaire des variables indépendantes, on obtiendra la forme générale des déplacements effectifs des molécules, dans le cas où le mouvement simple s'éteint par degrés avec le temps, ou s'affaiblit en se propageant. Dans tous les cas, les déplacements effectifs des molécules, mesurés parallèlement à un axe quelconque, s'évanouiront, pour une même molécule, après des intervalles de temps égaux, dont chacun

sera la moitié de ce qu'on nomme la *durée* d'une vibration moléculaire, et à un même instant pour toutes les molécules situées dans des plans parallèles à un certain plan invariable et séparés entre eux par des distances dont chacune sera la moitié de ce qu'on nomme la *longueur d'une ondulation*. Le système donné sera divisé par ces mêmes plans en tranches composées de molécules qui, lorsqu'on passera d'une tranche à la suivante, se trouveront déplacées en sens inverses; et la réunion de deux tranches contiguës formera ce qu'on appelle une *onde plane*, la longueur d'ondulation représentant l'épaisseur de cette onde. Le temps venant à croître, chaque onde se déplacera dans l'espace avec son plan, ou plutôt avec les plans qui la terminent, et la *vitesse de propagation* d'une onde sera le rapport qui existe entre son épaisseur et la durée des vibrations moléculaires. Ajoutons que, si un mouvement simple s'affaiblit et s'éteint en se propageant, le coefficient variable du cosinus de la phase, dans chaque déplacement effectif, décroîtra en progression géométrique, tandis que la distance d'une molécule à un *second plan invariable* croîtra en progression arithmétique.

» Étant donné le symbole caractéristique du mouvement simple, on connaît immédiatement la durée des vibrations de laquelle dépend la nature de la *couleur*, les directions des deux plans invariables dont nous avons parlé, par conséquent la direction des plans des ondes, et l'épaisseur d'une onde plane ou la longueur d'une ondulation.

» Quant au paramètre que renferme un déplacement symbolique, il est le produit d'un module constant par une exponentielle dont l'argument est ce que nous appelons le *paramètre angulaire*. Lorsque le mouvement simple est durable ou persistant, le module dont il s'agit représente la demi-*amplitude* des vibrations moléculaires, mesurées parallèlement à un axe donné. Ajoutons que, dans tous les cas, le paramètre angulaire représente la phase correspondante à des valeurs nulles des variables indépendantes.

» Nous avons déjà observé que les coefficients réels ou imaginaires, par lesquels le temps et les coordonnées se trouvent multipliés dans le symbole caractéristique d'un mouvement simple, sont liés entre eux par l'équation caractéristique. Ajoutons que cette équation renferme seulement le carré du premier de ces coefficients, et qu'elle est du troisième degré par rapport à ce carré. Donc, si l'on prend ce carré pour inconnue, elle offrira trois racines. A ces trois racines, lorsqu'elles sont inégales, correspondent trois espèces de mouvements simples, qu'un seul système de molécules est susceptible de propager. Mais il peut arriver

que deux des trois racines se réduisent à une racine double, et alors les trois mouvements simples se réduiront à deux seulement. Si l'on excepte ce cas particulier, les rapports des trois paramètres que renferment les déplacements symboliques correspondants aux trois axes x, y, z seront complétement déterminés pour chaque mouvement simple. Cela posé, considérons un mouvement simple qui se propage sans s'affaiblir. On conclura des remarques précédentes que, pour une direction donnée du plan invariable parallèle aux plans des ondes, les directions des vibrations moléculaires seront, en général, complétement déterminées, ainsi que la vitesse de propagation des ondes planes. Toutefois, si deux des mouvements simples que le système de molécules est susceptible de propager se réunissent, les vibrations de chaque molécule, dans les deux mouvements réduits à un seul, ne seront plus dirigées suivant une droite déterminée, mais seulement comprises dans un plan déterminé, et par suite chaque molécule décrira une courbe plane. D'ailleurs, comme le calcul le fait voir, cette courbe sera toujours ou un cercle ou une ellipse.

» Concevons maintenant qu'à un instant donné, on fasse passer par un même point diverses ondes planes correspondantes à divers mouvements simples, ou plutôt les plans qui terminent ces ondes, et supposons ces plans infiniment peu inclinés les uns sur les autres. Alors, le temps venant à croître, ces plans se déplaceront avec les ondes dont il s'agit, et le point commun à tous ces plans se déplacera lui-même en parcourant une certaine droite. Si le système de molécules donné est l'éther ou le fluide lumineux répandu dans un corps, cette droite sera ce qu'on appelle, dans la théorie de la lumière, l'*axe* d'un *rayon simple*. Le rayon simple de lumière ne sera lui-même autre chose que la file des molécules d'éther qui, originairement situées sur cet axe, s'en écartent à chaque instant dans un sens ou dans un autre, en vertu du mouvement simple correspondant à l'une des ondes planes dont nous avons parlé.

» Aux trois espèces de mouvements simples qui, d'après ce qu'on a dit ci-dessus, pourront généralement se propager dans une masse de fluide éthéré, correspondent trois rayons simples. Si ces trois rayons demeurent distincts, et si chacun d'eux se propage sans s'affaiblir, les vibrations des molécules d'éther seront dans chaque rayon constamment parallèles à un certain axe, et par conséquent chaque molécule décrira une ligne droite; mais il n'en sera plus de même si deux rayons se réunissent en un seul, ce qui arrivera quand le système de molécules sera tellement constitué qu'un mouvement simple s'y propage en tous sens suivant les

mêmes lois. Un tel système de molécules est ce que nous nommons un système *isotrope*, et, dans la théorie de la lumière, un système *isophane*. Lorsque, dans un système ou milieu isophane, un rayon simple se propage sans s'affaiblir, les vibrations des molécules qui composent ce rayon sont nécessairement ou *transversales*, c'est-à-dire comprises dans des plans perpendiculaires à l'axe du rayon, ou *longitudinales*, c'est-à-dire dirigées suivant cet axe. Dans les milieux non isophanes, les vibrations qui se propagent sans s'affaiblir sont encore sensiblement transversales ou longitudinales par rapport aux rayons. Les vibrations transversales ou sensiblement transversales sont celles qui, dans l'opinion des physiciens, occasionnent la sensation de la lumière ; elles sont du moins les seules dont l'existence se trouve constatée dans les rayons lumineux qui peuvent être perçus par l'œil. Lorsqu'un mouvement simple s'éteint en se propageant, les vibrations peuvent cesser d'être sensiblement transversales ou longitudinales, et quoique alors l'œil ne puisse plus les saisir, elles interviennent cependant dans la production des phénomènes lumineux, particulièrement des phénomènes de réflexion et de réfraction, comme on le verra ci-après.

» Lorsqu'un mouvement simple de l'éther, dans lequel les vibrations sont transversales, se propage dans un certain milieu sans s'affaiblir, ce milieu est appelé *transparent*. Il devient *opaque* dans le cas contraire.

» Ce qui constitue le mode de polarisation d'un rayon simple propagé dans un milieu transparent, c'est la nature de la ligne droite ou courbe décrite par chaque molécule dans un plan perpendiculaire à l'axe du rayon. Suivant que cette ligne se réduit à une droite, à un cercle, ou à une ellipse, la polarisation est *rectiligne, circulaire* ou *elliptique*. La polarisation est toujours rectiligne dans les milieux non isophanes; elle peut devenir circulaire ou elliptique dans les milieux isophanes, dans l'air, par exemple. Dans la polarisation rectiligne, les nœuds du rayon sont les points équidistants où il rencontre son axe, et ces nœuds sont de deux espèces différentes, selon qu'ils se trouvent placés avant ou après les molécules qui s'écartent de l'axe dans un certain sens. La distance entre deux nœuds consécutifs de même espèce est précisément l'épaisseur d'une onde plane. Dans un milieu isophane, tout rayon doué de la polarisation circulaire ou elliptique peut être considéré comme résultant de la superposition de deux rayons polarisés rectilignement, mais renfermés dans deux plans qui se coupent à angles droits; et alors son *anomalie* est représentée par la distance entre deux nœuds de rayons composants, ou plutôt

par un arc proportionnel à cette distance, savoir, par celui qui devient équivalent à la circonférence quand la distance dont il s'agit devient équivalente à l'épaisseur d'une onde plane.

» Examinons maintenant ce qui arrive quand un mouvement simple est transmis d'un milieu à un autre.

» Les équations aux dérivées partielles qui représentent les mouvements infiniment petits d'un système de molécules d'éther sont du second ordre par rapport au temps. D'ailleurs, lorsqu'on néglige la dispersion des couleurs, la vitesse de propagation des ondes planes devient la même pour tous les rayons simples qui, étant dirigés suivant une même droite, se propagent sans s'affaiblir, et par suite les durées des vibrations moléculaires deviennent proportionnelles aux longueurs d'ondulations, ce qui exige que les équations des mouvements infiniment petits deviennent homogènes. Donc alors ces équations seront du second ordre, non-seulement par rapport au temps, mais aussi par rapport à chacune des coordonnées, et l'intégration introduira dans leurs intégrales deux fonctions arbitraires relatives à chacune des inconnues, c'est-à-dire à chacun des déplacements moléculaires. Mais ces deux fonctions arbitraires auront des valeurs diverses, suivant la nature du problème qu'il s'agit de résoudre. Si, le mouvement imprimé aux molécules de l'éther dans un certain milieu étant supposé connu à une certaine époque, il s'agit d'en conclure le mouvement qui s'observera dans ce même milieu à une époque quelconque, par exemple au bout du temps t, les fonctions arbitraires seront celles qui représenteront, au premier instant, les déplacements moléculaires et leurs dérivées prises par rapport au temps, ou, ce qui revient au même, les vitesses mesurées parallèlement aux axes des x, y, z. Si, au contraire, le mouvement des molécules étant supposé connu à une époque quelconque dans un premier milieu, il s'agit d'en conclure le mouvement transmis à d'autres molécules qui se trouvent comprises dans un second milieu séparé du premier par une surface plane ou courbe, par exemple par le plan des y, z, les fonctions arbitraires représenteront les déplacements des molécules situées dans ce plan, c'est-à-dire les déplacements moléculaires correspondants à une valeur nulle de l'abscisse x, et les dérivées de ces déplacements relatives à x, ou plutôt les valeurs que prennent ces dérivées pour $x = 0$. Or la considération de ces déplacements et de ces dérivées fournit immédiatement les lois suivant lesquelles un rayon simple de lumière pourra être réfléchi ou réfracté par la surface de séparation de deux

milieux, quand cette surface sera plane : c'est ce que l'on reconnaîtra sans peine en ayant égard aux remarques suivantes.

» Considérons deux milieux séparés l'un de l'autre par une surface plane. Dans le cas général où ces milieux ne sont pas isophanes, chacun d'eux, comme nous l'avons déjà dit, pourra propager trois espèces de rayons simples, dont deux au plus sont perçus par l'œil. Ce n'est pas tout: les ondes planes correspondantes à un rayon simple pourront se propager, à partir d'un point ou d'un plan donné, dans deux sens opposés l'un à l'autre, et par suite on pourra distinguer, parmi les ondes planes de chaque espèce, celles qui s'approcheraient de la surface de séparation, et celles qui s'en éloigneraient. Les premières seront ce qu'on appelle des ondes *incidentes*, les dernières ce qu'on appelle des ondes *réfléchies* ou des ondes *réfractées*. Cela posé, concevons qu'un rayon simple de lumière tombe dans le premier des deux milieux sur la surface de séparation. Ce rayon *incident* devra naturellement occasionner, dans chaque milieu, la production d'un rayon réfléchi ou réfracté de chaque espèce. Donc on aura encore à considérer, outre le rayon incident, six autres rayons, savoir, trois rayons réfléchis et trois rayons réfractés. Or, concevons que l'on prenne la surface de séparation des deux milieux pour plan des y, z; six variables distinctes représenteront dans chaque milieu les déplacements moléculaires, mesurés parallèlement aux axes coordonnés, et les dérivées de ces déplacements prises par rapport à x. D'ailleurs, puisqu'on suppose le mouvement transmis du premier milieu au second, les valeurs de ces six variables correspondantes à la surface de séparation, c'est-à-dire à une valeur nulle de x, pourront être considérées comme les six fonctions arbitraires dont la forme entraîne la nature du mouvement produit dans le second milieu. Or, les valeurs de ces fonctions arbitraires étant calculées d'abord à l'aide du rayon incident et des trois rayons réfléchis, puis égalées à celles que donnent les trois rayons réfractés, on obtiendra six équations de condition qui devront être vérifiées en chaque point de la surface réfléchissante, et qui suffiront pour déterminer complétement la nature des six rayons inconnus réfléchis ou réfractés. En effet, pour que ces équations de condition soient vérifiées, il sera d'abord nécessaire, suivant un principe établi dans les *Exercices d'Analyse et de Physique mathématique* (tome I[er], page 157), que les symboles caractéristiques de tous les rayons réfléchis et réfractés ne diffèrent pas du symbole caractéristique du rayon incident. D'ailleurs cette première condition détermi-

nera complétement, dans les six nouveaux rayons, non-seulement la durée des vibrations moléculaires qui, avec la nature de la couleur, restera la même avant ou après la réflexion ou la réfraction, mais aussi les épaisseurs des ondes planes, les directions des plans des ondes, et les directions des vibrations moléculaires. Il y a plus : cette première condition étant supposée remplie, les seules inconnues que renfermeront encore les six équations de condition seront les six paramètres réels ou imaginaires qui correspondront aux trois rayons réfléchis et aux trois rayons réfractés. On pourra donc déterminer complétement ces paramètres, qui feront connaître, pour chacun de ces rayons, quand il se propagera sans s'affaiblir, l'amplitude des vibrations moléculaires, et la phase correspondante à des valeurs nulles des variables indépendantes.

» Avant d'aller plus loin, nous avons une remarque importante à faire. Nous avons raisonné comme si la forme des équations aux dérivées partielles, qui représentent les mouvements infiniment petits des molécules comprises dans un milieu, subsistait sans altération dans le voisinage même de la surface qui sépare ce premier milieu d'un second. Cette manière d'opérer n'est pas rigoureusement exacte; mais la méthode plus rigoureuse, que nous avons établie dans les *Comptes rendus* de mars et d'avril 1839, suffit pour montrer que les résultats obtenus par le nouveau procédé pourront être admis avec confiance, si le diamètre de la sphère d'activité sensible des molécules éthérées est très-petit relativement à la longueur d'une ondulation. Cette condition, donnée par le calcul, pouvait être assez facilement prévue. On conçoit en effet que, dans le cas où elle ne serait pas remplie, les mouvements simples ou par ondes planes se trouveraient sensiblement altérés par l'influence de la surface réfléchissante à des distances trop considérables encore pour qu'ils pussent franchir ces distances, et pénétrer en se modifiant dans ce second milieu. Si, au contraire, la condition ci-dessus énoncée se trouve remplie, on déduira immédiatement des principes que nous venons d'établir les lois de la réflexion et de la réfraction produites par la surface de séparation de deux milieux transparents ou opaques; mais il sera rigoureusement nécessaire d'avoir égard aux trois espèces de rayons qui peuvent généralement se propager dans chaque milieu. Si l'on tenait compte seulement des deux rayons qui peuvent être perçus par l'œil dans les milieux cristallisés, les six équations de condition relatives à la surface réfléchissante ne renfermeraient plus que quatre inconnues, savoir, les quatre paramètres cor-

respondants, d'une part aux deux rayons réfléchis, d'autre part aux deux rayons réfractés, et ne pourraient plus être vérifiées que dans des cas particuliers, par exemple, pour certaines directions particulières du rayon incident. Au reste, nous ne devons pas être surpris que, dans chaque milieu, la réflexion ou réfraction produise seulement deux rayons sensibles à l'œil, et que le troisième rayon réfléchi ou réfracté reste inaperçu ; car le calcul fait voir que ce troisième rayon, qui, s'il pouvait se propager sans s'affaiblir, offrirait des vibrations longitudinales, est de la nature des rayons qui pénètrent dans les corps opaques, et s'éteint comme eux à une très-petite distance de la surface réfléchissante. Mais cette circonstance ne nous autorise en aucune manière à le considérer comme non avenu, attendu que, sur la surface même, les amplitudes des vibrations moléculaires sont du même ordre, dans les trois espèces de rayons réfléchis ou réfractés. D'ailleurs, quoique le troisième rayon ne soit pas visible, son existence et même sa nature sont clairement indiquées par le calcul, et il est impossible qu'un rayon simple, tombant sur la surface de séparation de deux corps isophanes, ne fasse pas naître dans chacun de ces milieux trois mouvements simples réfléchis ou réfractés. Ces trois mouvements simples, et les trois systèmes d'ondes planes qu'ils présentent, correspondent, comme nous l'avons déjà dit, aux trois racines de l'équation caractéristique résolue par rapport au carré du coefficient qui détermine la durée des vibrations moléculaires. Ces trois racines elles-mêmes se trouvent introduites dans l'équation dont il s'agit, en raison des trois coordonnées qui appartiennent à chaque point, et qui correspondent aux trois dimensions de l'espace. Ainsi le nombre des dimensions de l'espace exprime nécessairement le nombre des rayons réfléchis ou réfractés par une surface plane.

» Nous avons jusqu'ici considéré comme distinctes les trois espèces de rayons qui peuvent être propagées dans chaque milieu. Examinons maintenant le cas particulier où les deux milieux deviennent isophanes. Alors, dans chaque milieu, l'équation caractéristique ayant une racine double, deux des trois rayons correspondants à une direction donnée des plans des ondes se réuniront en un seul, dans lequel les vibrations pourront être dirigées suivant une droite quelconque perpendiculaire à l'axe du rayon. Par suite aussi, les trois rayons réfléchis ou réfractés se réduiront à deux. Il y a plus, pour ceux des rayons réfléchis et réfractés qui s'éteindront à une petite distance de la surface réfléchissante, les vibrations moléculaires

resteront comprises dans le plan d'incidence, et, par suite, on pourra faire abstraction de ces deux rayons, si les vibrations des molécules dans le rayon incident sont perpendiculaires au plan d'incidence. Donc alors, si le second milieu devient transparent, les principes ci-dessus établis fourniront précisément les lois de réflexion et de réfraction découvertes par Fresnel, et confirmées, par l'expérience, pour ce qu'on appelle un *rayon polarisé dans le plan d'incidence*, et l'on reconnaîtra en particulier que le rayon réfléchi ne peut disparaître sous aucune incidence, quand l'*indice de réfraction*, c'est-à-dire le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction, ne se réduit pas à l'unité. Donc un rayon polarisé dans un plan est, comme le croyait Fresnel, un rayon simple dans lequel les vibrations sont perpendiculaires à ce plan; ou, en d'autres termes, le *plan de polarisation* d'un rayon simple est le plan perpendiculaire aux droites suivant lesquelles sont dirigées les vibrations rectilignes des molécules éthérées.

» Si les vibrations des molécules dans le rayon incident étaient non plus perpendiculaires au plan d'incidence, mais renfermées dans ce plan, alors, dans la recherche des lois de la réflexion et de la réfraction, on devrait nécessairement tenir compte des rayons qui s'éteignent à une petite distance de la surface réfléchissante; et, en opérant ainsi, on obtiendrait des formules qui comprennent, comme cas particuliers, celles que Fresnel a trouvées, en supposant que le rayon incident fût un rayon polarisé perpendiculairement au plan d'incidence. Cette remarque vient encore à l'appui de l'opinion de Fresnel sur la direction des vibrations moléculaires par rapport au plan de polarisation.

» Il ne sera pas inutile d'observer que, dans la recherche des lois de la réflexion et de la réfraction produites par la surface de séparation de deux milieux isophanes, ou non isophanes, les six équations de condition relatives à la surface peuvent être réduites à quatre par l'élimination des paramètres relatifs aux rayons qui s'éteignent en se propageant. Or il est remarquable que trois des équations ainsi obtenues pour les milieux isophanes sont précisément trois des quatre équations données dans la 7me livraison des *Nouveaux Exercices de Mathématiques*, savoir, celles qui renferment trois fonctions différentielles alternées. La quatrième équation de condition peut se réduire encore à celle que renferment les *Nouveaux Exercices*, mais seulement dans le cas où l'on suppose que les corps transparents et isophanes sont capables, comme le verre, de polariser complétement la lumière par réflexion.

» Quant au principe des vibrations équivalentes, appliqué par Fresnel au cas où les vibrations sont parallèles à la surface réfléchissante, et par M. Mac-Cullagh à tous les cas possibles, il est exact, dans la théorie de Fresnel et pour la raison que nous avons indiquée, quand on suppose les vibrations perpendiculaires au plan d'incidence; mais il nous paraît inexact dans la théorie de M. Mac-Cullagh, lorsqu'on fait, avec cet auteur, abstraction des rayons qui s'éteignent à une petite distance de la surface réfléchissante. Il redeviendra exact si l'on tient compte de ces derniers rayons; et même les six équations de condition que fournit notre théorie coïncident alors avec les trois équations fournies par ce principe, et avec leurs dérivées prises par rapport à la variable qui représente une abscisse mesurée sur une perpendiculaire à la surface réfléchissante.

» Dans ce qui précède nous avons supposé que chaque milieu renferme un seul système de molécules, toutes les molécules étant de même nature, mais leur arrangement pouvant n'être pas le même dans le premier milieu et dans le second. Le vide ou l'éther isolé peut offrir un tel milieu, et ce milieu est certainement isophane. Chacun des autres milieux renferme nécessairement un ou plusieurs systèmes de molécules, par exemple, les molécules de l'éther et les molécules d'un corps solide, liquide ou gazeux. Donc appliquer aux seules molécules d'éther les principes ci-dessus établis, c'est supposer que, dans le calcul des phénomènes relatifs à la réflexion et à la réfraction de la lumière, on peut, sans erreur sensible, faire abstraction des vibrations imprimées aux molécules des corps. On s'approchera davantage de la réalité, si l'on tient compte de ces dernières vibrations. Mais alors le nombre des rayons réfléchis et réfractés sera doublé, aussi bien que le nombre des racines de l'équation caractéristique et le nombre des équations de condition relatives à la surface réfléchissante. Alors aussi trois racines de l'équation caractéristique seront analogues à celles qui fournissent les mouvements simples de l'éther dans le vide, trois autres se rapporteront plus spécialement aux vibrations des molécules des corps. On pourrait donc alors distinguer, parmi les rayons réfléchis, ceux qui proviendront directement du rayon immédiat, et ceux qui en proviendront indirectement, étant produits par les vibrations des molécules renfermées dans le second milieu. Ces conclusions seraient conformes à des expériences remarquables publiées par M. Arago, et à l'explication que notre illustre confrère en a donnée.

» Il est d'ailleurs naturel de penser que les six rayons dont il s'agit, avec les six mouvements simples qui leur correspondent et auxquels partici-

pent à leur manière les molécules des corps, fourniront l'explication des phénomènes dus à ce qu'on nomme les rayons chimiques, calorifiques, etc....

» Dans d'autres articles, je déduirai des principes que je viens d'exposer les lois de la réflexion et de la réfraction opérées par la surface de séparation de deux milieux isophanes ou non isophanes, les lois de la réflexion totale produite par la seconde surface de séparation d'un corps transparent, celles de la polarisation elliptique produite par la réflexion à la surface des métaux, et même les lois de la diffraction de la lumière.

» Je me propose encore de montrer comment on peut appliquer les mêmes principes à la théorie du son, des cordes vibrantes, des surfaces élastiques, etc.... »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Note sur la diffraction de la lumière; par* M. **Augustin Cauchy**.

« Une Lettre adressée de Prague à M. Libri, et insérée dans le *Compte rendu* de la séance du 9 mai 1836, renferme quelques-uns des résultats auxquels j'étais parvenu dès cette époque, en cherchant à déduire de mes formules générales les lois de la diffraction. Je reviendrai dans un autre article sur cette déduction que fournissent, lorsqu'on se borne à une première approximation, les formules obtenues par Fresnel. Je me bornerai aujourd'hui à faire observer que le problème se réduit en définitive à l'évaluation des deux intégrales définies, et qu'à l'aide d'une formule établie dans mon Mémoire de 1814, on peut facilement développer ces intégrales en deux séries dont il suffira de calculer généralement un très-petit nombre de termes pour obtenir les valeurs des deux intégrales. Ces développements, qui fournissent aussi le moyen de fixer avec une grande facilité les valeurs maxima et minima des deux intégrales et de la somme de leurs carrés, sont l'objet de la présente Note.

ANALYSE.

» Soit $f(x)$ une fonction quelconque de x. On aura

$$D_y f(x+y\sqrt{-1}) = \sqrt{-1}\, D_x f(x+y\sqrt{-1}).$$

Si l'on intègre les deux membres de cette équation, par rapport à x et par

rapport à y, entre les limites

$$x = a, \quad x = \infty, \quad y = 0, \quad y = \infty,$$

alors, en posant

$$f(x) = \frac{e^{x\sqrt{-1}}}{(-x\sqrt{-1})^{\frac{1}{2}}},$$

on trouvera

$$\int_a^\infty x^{-\frac{1}{2}} e^{x\sqrt{-1}}\, dx = e^{\left(a+\frac{\pi}{2}\right)\sqrt{-1}} \int_0^\infty (a + y\sqrt{-1})^{-\frac{1}{2}} e^{-y} dy;$$

puis, en développant

$$(a + y\sqrt{-1})^{-\frac{1}{2}},$$

suivant les puissances ascendantes de y, on trouvera

$$\int_a^\infty x^{-\frac{1}{2}} e^{x\sqrt{-1}}\, dx = a^{-\frac{1}{2}} (A - B\sqrt{-1})\, e^{\left(a+\frac{\pi}{2}\right)\sqrt{-1}},$$

les valeurs de A, B étant

$$A = 1 - \frac{1.3}{(2a)^2} + \frac{1.3.5.7}{(2a)^4} - \ldots, \quad B = \frac{1}{2a} - \frac{1.3.5}{(2a)^3} + \ldots$$

On en conclura immédiatement

$$\int_a^\infty x^{-\frac{1}{2}} \cos x dx = a^{-\frac{1}{2}} (B\cos a - A\sin a),$$

$$\int_a^\infty x^{-\frac{1}{2}} \sin x dx = a^{-\frac{1}{2}} (A\cos a + B\sin a),$$

puis, en posant $x = u^2$, $a = \alpha^2$, on aura

$$\int_\alpha^\infty \cos u^2 du = \frac{1}{2\alpha} (B\cos\alpha^2 - A\sin\alpha^2),$$

$$\int_\alpha^\infty \sin u^2 du = \frac{1}{2\alpha} (A\cos\alpha^2 + B\sin\alpha^2);$$

les valeurs de A, B étant

$$A = 1 - \frac{1.3}{(2\alpha^2)^2} + \frac{1.3.5.7}{(2\alpha^2)^4} - \ldots, \quad B = \frac{1}{2\alpha^2} - \frac{1.3.5}{(2\alpha^2)^3} + \ldots$$

Pour des valeurs considérables de α, on aura sensiblement

$$A = 1, \quad B = 0,$$

et par suite

$$\int_{\alpha}^{\infty} \cos u^2 du = -\frac{1}{2\alpha} \sin \alpha^2, \quad \int_{\alpha}^{\infty} \sin u^2 du = \frac{1}{2\alpha} \cos \alpha^2.$$

On a d'ailleurs, comme l'on sait,

$$\int_0^{\infty} \cos u^2 du = \int_0^{\infty} \sin u^2 du = \frac{\pi^{\frac{1}{2}}}{2\sqrt{2}}.$$

Ces diverses formules permettent d'effectuer très-facilement les calculs relatifs à la diffraction de la lumière. »

GÉODÉSIE. — M. **Puissant** fait hommage à l'Académie de la nouvelle édition de la deuxième partie de son *Traité de Géodésie*, et s'exprime en ces termes :

« Le second volume de la nouvelle édition de mon *Traité de Géodésie*, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, a principalement rapport aux questions d'Astronomie qui en forment le complément essentiel. Tout en conservant l'ordre des matières que contenait l'édition précédente, j'ai introduit dans celle-ci plusieurs additions importantes et opéré divers changements notables, par suite d'une révision sévère des méthodes de calcul dont j'ai fait usage pour résoudre, avec toute l'exactitude et la simplicité possibles, les problèmes les plus intéressants de la Géodésie, en puisant les principaux éléments de mes calculs aux meilleures sources, c'est-à-dire dans la *Base du système métrique décimal* et la *Nouvelle description géométrique de la France*. Tels sont, par exemple, les problèmes qui ont pour objet la recherche des dimensions du sphéroïde terrestre par le concours de ses deux lignes de courbure, et celle des irrégularités de sa surface, qui peuvent ressortir des mesures géodésiques et astronomiques comparables, ainsi que des longueurs observées du pendule à secondes.

» Ce volume renferme aussi d'utiles remarques sur la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre, et est terminé par une collection de tables astronomiques qui ont été calculées avec beaucoup de précision, et au moyen desquelles on sera souvent dispensé de recourir aux Tables solaires et aux éphémérides du Bureau des Longitudes. Enfin elles serviront avan-

tageusement à la détermination du temps, à celle des positions apparentes de certaines étoiles, aux calculs des observations de latitude et d'azimut par les digressions de la Polaire, etc.

» J'espère que les astronomes et les ingénieurs reconnaîtront que je n'ai rien négligé pour améliorer cette troisième et dernière édition, et pour étendre, en faveur de la Géographie mathématique, l'application des théories qui y sont exposées. »

MM. de Mirbel et Payen déposent un paquet cacheté ayant pour titre: « *Recherches de Physiologie.* »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. Houri adresse un Mémoire ayant pour titre : *Expériences sur les nombres*, et annonce l'envoi prochain de deux autres Mémoires dans lesquels il applique, comme dans celui-ci, le principe de l'expérience et de l'observation à la découverte de vérités mathématiques.

(Commissaires, MM. Cauchy, Liouville.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur des chemins en pierres artificielles, destinés à remplacer d'une manière économique les chemins de fer pour la locomotion par la vapeur*; Mémoire de M. Thomassin.

(Commission nommée pour le Mémoire de M. Schattenmann, sur l'usage du rouleau compresseur pour la construction des chaussées en empierrement.)

MÉTÉOROLOGIE. — *Tableaux des observations météorologiques, faites dans la colonie danoise de Saint-Thomas (Antilles), dans les années* 1827 —1839; *par* M. Hornbeck.

(Commissaires, MM. Arago, Boussingault.)

M. Philippe Mathieu soumet au jugement de l'Académie des *fusils et pistolets à un seul canon et à une seule batterie, pouvant donner de suite, et sans interruption, cinq à six coups.* Ces armes sont construites d'après un système déjà connu, et suivant lequel les différentes charges, contenues

dans autant de chambres creusées dans un cylindre tournant, viennent successivement se présenter en face du canon. Une particularité essentielle distingue cette nouvelle application de celles qu'on avait faites antérieurement du même système : dans celles-ci il fallait, après chaque coup, faire exécuter au cylindre, avec la main, une portion de révolution pour amener la nouvelle charge à correspondre au canon, et ensuite armer le chien pour pouvoir faire feu de nouveau; dans les armes de M. Mathieu, au contraire, le coup parti, la nouvelle charge vient aussitôt se présenter au canon et le chien s'arme de lui-même. Cette modification permet de faire succéder les coups de feu les uns aux autres, presque sans interruption, et, suivant M. Mathieu, on peut tirer les cinq coups dans trois secondes. On sent tout ce que cette rapidité peut avoir de précieux, tant pour les armes de chasse que pour les armes de défense. Le fusil de M. Mathieu présente encore quelques dispositions nouvelles, dont l'une, par exemple, est relative à la gachette, qui se trouve moins exposée que dans les armes de chasse ordinaire à être accrochée par les branches des buissons; une autre a pour objet de préserver de l'humidité les charges du magasin qui, dans presque tous les fusils construits sur le même principe, devaient être protégées par des bourres imperméables.

(Commissaires, MM. Piobert, Séguier.)

M. Quinet prie l'Académie de vouloir bien se faire rendre compte des modifications qu'il a apportées aux procédés employés avant lui pour l'*impression de la musique*; quelques échantillons des résultats obtenus par ces moyens sont joints à sa Lettre.

(Commission nommée pour la machine typographique de M. Gaubert.)

Dans la même Lettre, M. Quinet prie l'Académie de vouloir bien hâter le travail de la Commission qui a été chargée de faire un Rapport sur ses procédés pour la fabrication d'un *papier de sûreté*.

(Renvoi à la Commission des papiers de sûreté.)

M. Magnan adresse une Note sur la *télégraphie nocturne*.

(Commission précédemment nommée pour des communications relatives au même sujet.)

L'Académie reçoit trois nouvelles communications relatives à des *moyens que les auteurs croient propres à prévenir les dangers des chemins de fer, ou à en diminuer la gravité.* Ces Notes, adressées par MM. **Huau, Chambart** et **Pascal**, sont renvoyées à l'examen de la Commission précédemment nommée.

L'Académie reçoit un Mémoire destiné au concours pour le prix relatif à la *vaccine.* Ce Mémoire est renvoyé à la Commission, qui aura à décider s'il peut encore être admis à concourir, à raison de l'époque à laquelle il est parvenu au secrétariat.

CORRESPONDANCE.

M. **Flourens**, à l'occasion d'une remarque qui avait été faite, dans la séance précédente, touchant les pièces adressées par M. *Schmalz* pour le concours aux prix de Médecine et de Chirurgie, annonce que l'ouvrage sur les sourds-muets, dont ce médecin a recemment adressé un abrégé, avait été reçu en son temps, mais que, par erreur, il avait été directement déposé à la Bibliothèque, au lieu d'être envoyé d'abord à la Commission chargée de l'examen des pièces adressées pour ce concours.

M. **Arago** annonce qu'il a reçu la copie du manuscrit dont le *Compte rendu* de la séance du 29 août fait mention. Sur un premier aperçu, il croit pouvoir affirmer que cet ouvrage n'est pas de l'auteur auquel on l'attribue. MM. Arago et Chasles feront un rapport détaillé à ce sujet.

M. **Arago** annonce qu'il a reçu de nouvelles communications relatives à l'éclipse du 8 juillet; les divergences qui se montrent non-seulement entre les observations faites en des lieux assez éloignés, mais encore dans des localités très-voisines l'une de l'autre, et même dans une seule ville, ne permettent pas qu'on présente en ce moment un tableau d'ensemble des phénomènes observés.

Portrait de **Papin**.

Justement fière d'avoir donné naissance au premier inventeur des machines et des bateaux à vapeur, la ville de Blois se propose de lui élever une statue. Une souscription va être ouverte, à cet effet, dans tous les départements de la France, et personne ne peut douter du résultat. Il était seulement regrettable que le célèbre sculpteur, M. David, à qui l'exécution

de ce monument national semble devoir être confiée, manquât de données suffisantes pour qu'il pût être certain de reproduire avec quelque exactitude les traits de l'immortel mécanicien. Cette difficulté n'existe plus: M. Arago a communiqué à l'Académie une lettre d'un descendant de Papin, M. le Dr du Mesnil, conseiller de la cour de Hanovre et commissaire supérieur des mines. M. du Mesnil venait de recevoir de M. le professeur Wurzer l'annonce que l'université de Marburg (dans l'électorat de Hesse) possède un portrait de Papin peint à l'huile. Pendant son expatriation, à la suite de la révocation de l'édit de Nantes, Papin professa à Marburg.

M. **Petit**, nommé récemment à une place de Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. **Quetelet**, au nom de la famille de M. *J.-B. Van Mons*, fait part à l'Académie de la mort de ce savant, survenue le 6 de ce mois. M. Van Mons était Correspondant de l'Académie pour la Section de Chimie.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *De la distribution des grands végétaux le long des côtes de la Scandinavie et sur le versant septentrional de la Grimsel, en Suisse; par* M. **Ch. Martins**.

« Depuis Wahlenberg et de Buch, tous les voyageurs qui visitent tour à tour la Suisse et la Scandinavie ont été frappés des différences que présentent ces deux pays, quand on compare la distribution latitudinale des grands végétaux sur les côtes de la Suède et de la Norvége, aux zones végétales qu'on traverse en montant sur les hautes montagnes de la Suisse. Dans les Alpes, à mesure qu'on s'élève au-dessus de la plaine, l'ordre de leur succession est en général le suivant : le Chêne, le Pin (*Pinus sylvestris*, L.), les arbres fruitiers, le Hêtre, le Sapin (*Abies excelsa*, Poir., *Epicea*) et l'Aune (*Alnus viridis*, D. C.), mêlé au Genévrier (*Juniperus communis*, Var. *alpina*, Wahl.). Le Bouleau blanc, si commun dans le Nord, ne forme pas en Suisse une région végétale distincte; il n'existe que sur quelques points isolés, et à des hauteurs variables.

» Le long des côtes et dans les plaines de la presqu'île Scandinave, l'ordre de succession est tout à fait différent. Le voyageur qui va du sud au nord voit disparaître successivement le Hêtre, le Chêne, les arbres fruitiers, le Sapin, le Pin, et enfin le Bouleau et le Genévrier.

» Toutefois le versant septentrional du passage de la Grimsel, dans le can-

ton de Berne, offre une analogie remarquable entre la succession de ses zones végétales et celles du nord. Le tableau suivant présente les limites latitudinales et altitudinales moyennes des principaux arbres communs à la Grimsel et à la Scandinavie.

VÉGÉTAUX.	LIMITES latitudinales.	LIMITES altitudinales.
Fagus sylvatica	60° N.	925m
Quercus robur	61	800
Arbores fructiferæ	63	1060
Corylus avellana	64	
Abies excelsa	67 40′	1545
Pinus sylvestris	70	1807
Betula alba	70 40	1975

» Si l'on compare les zones de la végétation, sans doute l'analogie n'est point parfaite. Sur la Grimsel, la limite altitudinale du Chêne est inférieure à celle du Hêtre, tandis que, dans le Nord, le Hêtre s'arrête avant le Chêne. Mais, sur la Grimsel, ces limites sont beaucoup plus rapprochées qu'on ne le voit généralement en Suisse, puisque leur différence de niveau n'est que de 125 mètres. Elles se rapprochent donc, comme en Scandinavie, où leurs limites extrêmes ne diffèrent que de 1 degré en latitude. Sur la Grimsel, les Cerisiers et les Noisetiers cessent après le Hêtre, comme dans le nord. Au-dessus des Cerisiers, le sol est occupé uniquement par les arbres verts, et l'aspect de la forêt des Alpes rappelle singulièrement celui de la forêt suédoise; seulement le Pin de montagne (*P. sylvestris*, Var. *montana*, Wahl.) au tronc rampant remplace le Pin élancé des plaines de la Scandinavie. Les *Rhododendron* se sont substitués à leurs congénères, l'*Andromeda polyfolia* et le *Ledum palustre*. Les différentes espèces d'*Erica*, d'*Arbutus* et de *Vaccinium* se retrouvent dans les deux pays. Mais bientôt, sur la Grimsel comme dans le Nord, le Sapin s'arrête, tandis que le Pin et le Bouleau continuent à braver les rigueurs du froid. Ainsi, au pied du glacier de l'Unter-Aar comme aux environs d'Hammerfest, vous trouvez le Bouleau blanc et le Genévrier avec leur physionomie boréale, mêlés aux *Pinus cembro*, à l'Aune et au Mélèze, arbres inconnus à l'extrémité de la Norvége septentrionale, où ils sont remplacés par le *Populus tremula* et le *Salix Laponum*.

» Si l'on veut se faire une idée du climat moyen de ces différents végétaux sur le Grimsel, nous dirons que la température moyenne de Meyringen, à 620 mètres sur la mer, déduite de celles de Berne, Lucerne, Zurich, Milan et Genève, dont cette petite ville occupe le centre géométrique, doit être de + 8°,62, et celle du pied du glacier de l'Unter-Aar de + 2°. On aurait tort de penser que le climat doit subir des modifications différentes quand on s'avance vers le nord de la Scandinavie, ou quand on s'élève sur les Alpes; car l'ensemble des observations météorologiques faites sur le Faulhorn, à 2683 mètres sur la mer, par M. Kaemtz, mon ami M. Auguste Bravais et moi, et dans le nord de l'Europe par la Commission dont nous faisions partie, prouvent que le climat des Hautes-Alpes a la plus grande analogie avec celui des côtes du Spitzberg et de la Norvége septentrionale. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Lettre de* M. **Chazalon** *à* M. Arago, *sur les marées du port de Toulon.*

« L'année dernière je fis faire, pendant les mois d'août et de septembre, quelques observations de marée à Toulon; elles sont trop peu nombreuses pour déterminer exactement les diverses phases du flux et du reflux, mais elles donnent néanmoins une idée assez précise de la manière dont le phénomène se manifeste dans ce port, et peuvent ainsi servir de guide pour une étude plus approfondie. C'est principalement dans ce but que je viens vous présenter le résumé de leur discussion. . . . .

» Ces observations ont été faites au moyen d'un simple tube rectangulaire composé de quatre planches de 2 mètres de haut sur $0^{m},20$ de large; la partie inférieure plongeait dans la mer, l'eau s'y introduisait par un très-petit orifice et venait soulever un flotteur en liége placé dans l'intérieur du tube. Les mouvements de ce flotteur étaient indiqués par une tige faisant corps avec lui et dont la partie supérieure glissait le long d'une planche verticale divisée en centimètres. Tout cet appareil était solidement installé au lieu appelé *la Pile*, situé dans la darse de l'est. Afin de s'assurer que la ligne de flottaison ne variait pas sur le corps du flotteur, on avait placé à côté du tube une échelle qui servait de point de repère lorsque la mer était très-calme. . . . .

» Les hauteurs de la mer ont été observées de quart d'heure en quart d'heure pendant toute la journée, et, à l'époque des syzygies, les observations ont été continuées pendant la nuit pour constater l'existence de

la marée diurne. Les hauteurs du baromètre ont été notées d'heure en heure.

» Voici le tableau des heures et hauteurs des pleines et basses mers lors des pleines et nouvelles lunes ; les heures sont comptées à partir de minuit et les hauteurs sont exprimées en millimètres.

DATES. — 1841.	HEURES.	HAUTEURS.	DATES. — 1841.	HEURES.	HAUTEURS.
Août 2	$8^h\ 0^m$	878^{mm}	Septemb. 1	$7^h 20^m$	973^{mm}
	14.15	740		14.15	816
	20.18	980		19.55	1037
3	3.30	772	2	3. 5	835
	8.18	980		8.10	983
	14.27	750		15. 0	833
	21.15	995		20.35	1058
4	4. 5	787	3	3. 5	828
	8.20	906		8.35	1002
	14.57	758		15.35	820
	20.45	972		21. 7	1040
16	7.25	932	15	7.45	962
	13.22	720		14. 0	774
	19.22	1006		19.37	1042
17	3. 0	695	16	2.30	763
	7.40	846		7.50	968
	14.15	672		15.15	763
	20.22	967		20.37	1023
18	3.40	705	17	3.35	747
	8.20	892		8.35	947
	15. 0	727		15.45	738
	21. 0	1000		20.45	923

» A l'inspection de ce tableau, on remarque que les pleines mers du soir sont beaucoup plus hautes que les pleines mers du matin : ces différences proviennent de l'influence de la marée diurne, et l'on voit combien il était

important d'avoir des observations de nuit. Sans cette précaution, il n'aurait guère été possible de soupçonner l'existence de la marée diurne, d'autant plus que les hauteurs des basses mers n'en paraissent pas sensiblement affectées; on aurait conséquemment obtenu, soit pour la hauteur du *niveau moyen*, soit pour la grandeur de l'*unité*, des résultats erronés.

» A l'époque des syzygies solsticiales, la marée diurne de Brest est environ le 35me de la marée semi-diurne, tandis qu'à Toulon la première surpasse la moitié de la seconde. Ainsi donc, tandis que la marée semi-diurne s'affaiblit énormément en se transmettant, par le détroit de Gibraltar, dans la Méditerranée, la grandeur de la marée diurne reste à peu près constante.

» Un autre fait bien remarquable, c'est que l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'instant de l'action des astres sur la mer, et l'instant de la manifestation de cette action dans le port de Toulon, est à peu près de 38^h pour la marée semi-diurne, comme à Brest, tandis que, pour la marée diurne, cet intervalle de temps est environ le double!

» Je vais maintenant présenter ici le tableau des principaux résultats que j'ai obtenus d'après les observations des mois d'août et septembre 1841.

» Relativement au zéro de notre échelle, on a :

Hauteur du niveau moyen	0^m,870
Hauteur du zéro de l'échelle des ingénieurs des Ponts et Chaussées, placée à l'entrée des bassins...........	0 ,450
Partie supérieure de la tablette du quai, située sur le prolongement de l'axe de la rue de l'Hôtel-de-Ville.	1 ,074
Unité de hauteur....................................	0 ,112
Établissement du port de Toulon = 7^h 46^m.	

» Relativement à la marée diurne, son plein arrive à 8^h 23^m du soir pendant les syzygies d'été, c'est-à-dire depuis le 22 mars jusqu'au 22 septembre. L'inverse a lieu en hiver: le *plein* de la marée diurne se manifeste à 8^h 3^m du matin, et la *basse* mer à 8^h 23^s pendant les syzygies, de sorte que les marées du matin sont alors plus hautes que celles du soir.

» Je suis, etc.»

Après avoir donné communication de cette Lettre, le Secrétaire fait ressortir combien les résultats de M. Chazalon, s'ils viennent à être con-

firmés, auront de l'importance, même en ne les envisageant que sous le point de vue physique. « Il n'en faut pas davantage, ajoute M. Arago, pour émettre le vœu que l'administration de la marine se décide à consacrer à l'établissement de *maréomètres* et aux observations des oscillations des mers qui baignent nos côtes, les fonds qui, tous les ans, figurent au budget de l'État pour cet objet. Un plus long ajournement nuirait essentiellement au progrès des sciences et de la navigation. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Note relative au Mémoire sur les marées du golfe de Naples; par* M. **Antonio Nobile**.

L'Académie royale des sciences de Naples ayant chargé M. Antonio Nobile d'étudier les mouvements oscillatoires de la mer dans le golfe de Naples, ce savant vient de communiquer le résultat de son travail à l'Académie des Sciences de l'Institut. Nous croyons utile d'en présenter ici le résumé.

« La hauteur de la mer a été observée d'heure en heure pendant les quatre derniers mois de l'année 1840, et pendant les mois de janvier, juillet et août 1841. Ces observations ont été faites dans la petite pêcherie du palais Cirelli de Sainte-Lucie : ce lieu est parfaitement abrité, et ne communique avec la mer que par deux ouvertures fort étroites, de sorte que les grandes agitations produites par le vent sont très-affaiblies lorsqu'elles s'y font sentir.

» La division zéro de l'échelle des observations a été rapportée à un repère fixe, le *pavé de la grande salle située au premier étage du palais Cirelli.* M. Fedele Amante a trouvé, par un nivellement très-exact, que ce pavé était à $8^{m},2878$ au-dessus du zéro de l'échelle. La détermination d'une surface de repère est très-importante, et ne devrait jamais être omise.

» D'après la discussion des observations, M. Nobile arrive aux conclusions suivantes :

» 1°. Malgré les grandes variations atmosphériques, les marées se sont toujours nettement manifestées, et les marées *maxima* arrivent un jour ou deux après après la syzygie;

» 2°. Le niveau moyen correspond à la division $0^{m},601$ de l'échelle; il est donc à $7^{m},6868$ au-dessous du pavé de la grande salle du palais Cirelli;

» 3°. L'unité de hauteur est $0^{m},180$;

» 4°. L'établissement du port est $9^{h}\,23^{m}$.

» Nous ferons remarquer ici que l'établissement se compte générale-

ment à partir du midi, tandis que l'heure précédente est l'heure du matin. Pour rapporter cette heure à la pleine mer du soir, nous y ajouterons 19^{m}, car tel est le retard moyen de la marée, du matin au soir, à l'époque des syzygies; nous aurons ainsi $9^{h}\,42^{m}$ pour l'établissement du port à Naples.

» M. Nobile a examiné les variations du niveau moyen selon la direction du vent, et a formé le tableau suivant :

VENTS.	NOUVEAU MOYEN.
O. S. O.	...... 0^{m},6817
S. S. O.	...... 0 ,6702
O.	...... 0 ,6662
S. O.	...... 0 ,6519
S. S. E.	...... 0 ,6457
E. S. E	...... 0 ,6230
O. N. O.	...... 0 ,6080
S.	...... 0 ,6056
E. N. E.	...... 0 ,5821
S. E.	...... 0 ,5721
N. E.	...... 0 ,5765?
N. O.	...... 0 ,5457
E.	...... 0 ,5167
Calme.	...... 0 ,4909
N.	...... 0 ,4785
N. N. E.	...... 0 ,4583

» Ce tableau nous montre que la plus grande élévation du niveau moyen a lieu par les vents de O. S. O., et la plus petite par les vents N. N. E.; le même fait se reproduit sur nos côtes occidentales. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un ouragan qui a dévasté la commune de Sallèles-d'Aude, arrondissement de Narbonne* (Aude). — Extrait d'une Lettre de M. **Hortala**, desservant de la paroisse de Sallèles, à M. *Arago*.

« .... Les 17, 18, 19, 20, 21 et 22 août avaient été marqués par une chaleur étouffante. Le 22, calme profond à 2 heures du soir; à 6 heures, deux orages, l'un du côté des Pyrénées, au sud-ouest, l'autre à côté de la montagne Noire, au nord; vent impétueux du couchant à $6^{h}\,45^{m}$. Le 23,

temps couvert jusqu'à 9 heures du matin; soirée brûlante sans nuages; calme profond.

» Le 24, le vent du sud régnait, le ciel était très-couvert; à 10 heures du matin le tonnerre se faisait entendre, le bruit en était sourd, la chaleur excessive; éclairs aux sud-ouest, nord-ouest, nord, nord-est; tonnerres aux mêmes points; à 11 heures, les éclairs étaient devenus plus sensibles; on entendait de grands éclats de tonnerre; à midi, le vent de mer ou d'Autan, ainsi vulgairement nommé dans le pays, soufflait fortement, la pluie tombait à grosses gouttes; au nord, de grands nuages sombres s'échappaient rapidement sur un ciel d'une blancheur blafarde, emportés par le vent du sud-est; au midi, des nuages, également chargés, avançaient, se confondant dans des groupes d'une immobilité effrayante, formant un mur dont les extrémités se rattachaient au sud-ouest d'une part, et au nord de l'autre : ces masses de nuages étaient à leur base d'un blanc terne, d'une teinte noire à leurs sommités; à $12^h 30^m$, le tonnerre résonnait de toutes parts, il était sur nos têtes; les éclairs étaient rares, peu sensibles; on avait peine à respirer, il faisait presque nuit.

» A une heure, un nuage noir descend tout à coup comme une colonne d'une montagne voisine, le Pech-de-Ricaud, premier échelon des monts Pyrénéens, formant avec la colline isolée de Saint-Cyr, à l'est de Sallèles, un détroit par où débouche l'Aude, de la plaine de Saint-Nazaire dans celle de Coursan, quand celle-ci, se rapprochant des dernières collines de la montagne Noire, laisse au canal du Midi un étroit passage.

» Arrivé dans la plaine, le nuage grossissait toujours; il rasait la terre, marchant avec grand bruit, suivant la direction du vent du sud, qui dominait dans ce moment. Bientôt le météore mugit avec fureur, traverse la rivière de l'Aude, abat, renverse ce qui s'oppose à son passage, déracine des arbres, en tord d'autres OU LES FAIT ÉCLATER, en rompt une infinité, en disperse des milliers.

» Devenu plus menaçant, il chemine avec un bruit semblable aux éclats redoublés du tonnerre, emportant les débris des arbres, des vignes, qui volaient devant lui, lançant au loin la terre et les sables qu'il soulevait mêlés de pluie. Les habitants de Sallèles, saisis de frayeur, avaient fui dans leurs maisons : une minute encore, des cris de terreur, de désespoir, de détresse se font entendre partout. Ce lieu n'offre plus que le spectacle désolant de monceaux de vitres cassées, de châssis brisés en éclats et de décombres de toute nature. *Des espagnolettes en fer sont emportées, faussées ou rompues;* le pavé des appartements *sillonné, labouré en tous*

sens; les rideaux déchiquetés, les plafonds endommagés, soulevés, enfoncés; les cloisons renversées, fracassées; *des montants de pierre sont séparés du corps des murs*, ou culbutés; les tuiles sont cassées, dispersées, les toitures en partie enlevées, les murailles démolies; *les enseignes des hôtels, les plaques des compagnies d'assurance, les girouettes sont arrachées, jetées au loin sans que l'on en ait trace. A l'intérieur comme à l'extérieur des maisons, les feuilles métalliques, les métaux, le fer, la tôle surtout et les pointes ou chevilles de fer enfoncées bien avant dans les murs ont été généralement affectés.* CENT-VINGT maisons ont éprouvé le délâbrement le plus pitoyable.

» Tout ce désordre a été fait dans le sens de la marche de la trombe, qui a décrit une spirale. Le météore ayant disparu, le tonnerre s'est fait entendre par intervalles avec beaucoup de fracas pendant l'espace de 30 minutes. La pluie tombait en abondance au passage de la trombe; elle a cessé une fois le phénomène destructeur disparu. Il s'est échappé par *sauts* et par *bonds* dans la campagne, continuant au loin ses ravages, arrachant et *emportant dans son cours les oliviers et des arbres séculaires, desséchant en partie des vignes, et* BRULANT LE FEUILLAGE DES HAIES VIVES. La couleur du *météore était souci foncé, vers le bas; vers le haut il paraissait enflammé.*

» Depuis ce jour la température est froide dans notre pays. »

M. **MAMIANI** transmet les principaux résultats des *observations météorologiques* qui ont été faites à *Pesaro* dans le cours des douze derniers mois. Il indique en particulier deux légers tremblements de terre, ressentis l'un le 23 janvier, l'autre le 20 avril de cette année. Un vent de mer d'une chaleur excessive, qu'il compare au simoun, s'est fait ressentir les 21 et 26 juillet; le même phénomène a été observé le 18 du même mois de l'année précédente. Les étoiles filantes de la nuit du 10 au 11 août ont été nombreuses: leur direction était du nord au sud; elles laissaient en général de longues traînées de lumière.

M. DE **JOUFFROY** adresse un procès-verbal du premier essai fait à la mer de son *nouveau système de locomotion pour les bateaux à vapeur.* Les signataires du Rapport sont tous favarables à l'invention de M. de Jouffroy.

M. **GAILHARD** adresse des considérations générales sur les *éclipses.*

M. **PETER SUHR** écrit de Hambourg relativement à la fréquence avec la-

quelle, suivant les renseignements qu'il a recueillis, les *rails des chemins de fer* seraient frappés de la *foudre*.

M. **Buisson** sollicite de nouveau un Rapport sur les diverses communications qu'il a faites à l'Académie relativement à la *rage* et au mode de traitement qu'il propose contre cette terrible affection.

La séance est levée à cinq heures un quart. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans cette séance, les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1842; no 10; in-4o.

Annales de Chimie et de Physique, 3e série, tome V, juillet 1842; in-8o.

Traité de Géodésie, ou *Exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques applicables à la mesure de la Terre et à la construction des canevas des cartes topographiques; par* M. PUISSANT; 3e édit., tome II; in-4o.

Clinique chirurgicale de l'hôpital de la Pitié; par M. LISFRANC; tome II; in-8o.

Dissertation sur quelques recherches météorologiques faites dans le département de Lot-et-Garonne; par M. MENIGAULT; Agen, 1842; in-8o.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; août 1842; in-8o.

Société royale et centrale d'Agriculture. Bulletin des séances, compte rendu mensuel; par M. SOULANGE-BODIN; tome II; no 15; in-8o.

Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne; janvier et février 1842; in-8o.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; septembre 1842, in-8o.

Observations sur un nouveau genre de Saurien fossile, le Neustosaurus Gigondarum; *par* M. E. RASPAIL neveu; in-8o.

Mémoire sur l'emploi des contre-poids auxiliaires pour recueillir la force produite par la descente des voitures ou convois, sur les rampes des routes ordinaires et des chemins de fer, et pour rendre cette force à la montée; par M. P. BRETON; in-4o.

Revue zoologique; no 8.

Journal des Haras; septembre 1842; in-8o.

Lettre adressée à l'Institut de France, sur la guérison du Bégaiement au moyen d'une nouvelle opération chirurgicale; par M. DIEFFENBACH; Berlin, 1841; in-8o.

Astronomische.... *Recherches astronomiques; par* M. F.-W. BESSEL; Ier vol.; Kœnisberg, 1841; in-4o.

Vingt-un Opuscules de M. J.-D. NARDO, *en latin et en italien, sur divers sujets*

d'Histoire naturelle et de Médecine, publiés à Venise et à Padoue; in-8° et in-4°.

Su alcuni... *Sur quelques applications économiques du* Pinus maritima; *par* M. L. NARDO; Venise, 1834; in-8°.

De Corticis Pini maritimæ analysi chimica et medico usu; auctore L. NARDO; Patavii, 1831; in-8°.

Descrizione... *Description du cercle méridien de l'Observatoire de Padoue, suivie d'un Catalogue des étoiles fixes pour l'année* 1840; *par* M. J. SANTINI; Padoue; in-4°.

Dei Nodi... *Des Nœuds thermo-électriques de l'appareil voltaïque; par* M. F. ZANTEDESCHI; Vicence, 1841; in-4°.

Sopra... *Sur quelques phénomènes que présentent les pôles d'un électromoteur voltaïque; par* le même; Venise, 1842; in-8°.

Elenco... *Catalogue raisonné des principaux travaux scientifiques de* M. F. ZANTEDESCHI; Venise, 1842; in-4°.

Lettera... *Lettre de* M. F. ZANTEDESCHI *au docteur* Fusinieri, *sur l'Induction dynamique à travers des enveloppes et des diaphragmes de fer;* ½ feuille in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome X, n° 37.

Gazette des Hôpitaux; t. IV, n°s 106 à 108.

L'Expérience; n° 271.

L'Écho du Monde savant; n°s 19 et 20.

d'Histoire naturelle et de Médecine, publiées à Venise et à Padoue; in-8° et in-4°.

Su alcuni... ; Sur quelques applications économiques des Plantes marines, par M. L. Nardo; Venise, 1842; in-8°.

De Veritate [illegible]; Patavii, 1842; in-8°.

Descrizione... Description de [illegible] de l'Observatoire de Padoue, suivie d'un catalogue des étoiles, faite pour l'année 1840; par M. J. Santini; Padoue, 1842; in-4°.

Del Modo... Des Moyens de [illegible] de l'appareil hydraulique, par M. F. Zantedeschi; Vicence, 1842; in-8°.

Sopra... Sur quelques phénomènes que présente [illegible] électromoteur; par le même; Venise, 1842; in-8°.

Elenco... Catalogue raisonné [illegible] pour un cabinet de physique; par M. F. Zantedeschi; Venise, 1842; in-4°.

Lettera... Lettre de M. F. Zantedeschi au docteur [illegible], sur [illegible] de l'Académie [illegible]; in-4°.

Gazette médicale de Paris, tome X, n° 37.

Gazette des Hôpitaux, t. IV, nos 108 à 110.

L'Expérience, n° 271.

L'Écho du Monde savant, nos 19 et 20.